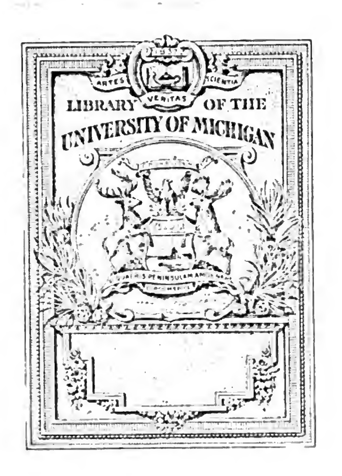


Die vulkanischen Erscheinungen der Erde

Karl Schneider


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN



Karl Schneider

Die vulkanischen Erscheinungen der Erde

DIE VULKANISCHEN ERSCHEINUNGEN DER ERDE

VON

DR. KARL SCHNEIDER

MIT 50 ABBILDUNGEN, KARTEN UND PROFILEN

BERLIN
VERLAG VON GEBRÜDER BORNTRAEGER
W 35 SCHÖNEBERGER UFER 12a
1911

Druck von E. Buchbinder (H. Duske) in Neuruppin

Zur Einführung

Die Lehre von den vulkanischen Erscheinungen der Erde hat im Laufe der letzten Dezennien eine gewisse Stagnation erfahren. Das Interesse an dieser Erscheinung trat zugunsten anderer Forschungsgebiete in den Hintergrund. Nichtsdestoweniger erfolgten innerhalb der letzten Jahre eine Reihe von Einzelbeschreibungen, die freilich an Zahl und Umfang hinter jenen zurückstehen, die in der Mitte des vorigen Jahrhunderts entstanden sind. So wuchs denn, wenn auch langsam, eine geradezu uferlose Materie an, welche dringend eine Durcharbeitung erforderte, wollte man zu weiterer Erkenntnis vorschreiten. Die Bausteine reichen heute bereits soweit, daß man den Versuch wagen durfte, tiefer als bislang in das Wesen des Vulkanismus einzudringen, um zu einer eigentlichen Lehre dieser Erscheinung zu gelangen. Mein erstes Beginnen, das in dem Büchlein „Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus“, Prag 1908, zum Ausdruck kam und das die öffentliche Fachkritik einer wohlmeinenden Äußerung unterzog, ließ mich an die Ausarbeitung des vorliegenden Werkes schreiten. Das Hauptbestreben war dahin gerichtet, dort einzusetzen, wo am meisten Unsicherheit vorhanden ist. Die Darstellung ist hauptsächlich deskriptiv und nur selten geht sie der genetischen Erklärung nach. Die kritischen Bemerkungen wurden fast zur Gänze in die Anmerkungen verwiesen.

Die geehrte Fachkritik bitte ich zu bedenken, daß die Rohmaterialien für das vorliegende Werk äußerst zersplittert und zerstreut sind und daher nicht immer in der gewünschten Weise zur Hand sein konnten.

Die Abbildungen wurden nach Photographien hergestellt, welche ich an Ort und Stelle aufnehmen konnte. Fig. 5 und 13 sind Anderson, Volcanic studies in many lands, London 1903 entnommen.

Im Text unterlaufene Ortsnamenfehler sind im Register als richtiggestellt zu betrachten.

Vielen Dank schulde ich auch diesmal Herrn Prof. Dr. Karl Sapper, der mir manche Literaturangabe zuteil werden ließ. Sehr verbunden bin ich den Herren Dr. F. Bier und Dr. R. Kowarczik, durch deren Ver-

mittlung mir in manches schwerer zugängliche Werk Einsicht geboten wurde. Herrn K. Kochmann, der in liebenswürdiger Weise die Besorgung des Registers übernahm und mir bei den Korrekturen half, bin ich gleichfalls verpflichtet, ebenso dem Herrn E. Jackl, der nach meinen Angaben die Zeichnungen herstellte.

Dem Verlagshaus Gebrüder Borntraeger, das auf alle meine Wünsche in der liberalsten Weise einging, spreche ich ebenso meinen verbindlichsten Dank ans.

Prag-Kaaden, Ostern 1911

K. Schneider

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen, Karten und Profile

Die Bedeutung des Vulkanismus im Haushalte der Natur

Mit dem Begriffe Vulkan, Vulkanismus verbindet sich zunächst die Vorstellung von Verheerung und Verwüstung, Schrecken und Verderben, Tod, Pestilenz und allgemeiner Not. Glühende Lavaströme, prasselnde Steinregen, tiefe Finsternis, zuckende Blitze kombinieren sich für den Fernstehenden zu einem Bilde des Entsetzens und Schauerns, zu einem Strafgericht für begangene Schuld und Fehle dem Näherstehenden. Die beleidigte Gottheit wird durch Sühnopfer oder Bittprozessionen zu versöhnen gesucht. Ist freilich der Heilige nicht des Willens, oder vermag er nicht dem verheerenden Lavastrome zu gebieten, kann er nicht dem Aschenregen und Steinschlag ein Ende setzen, so kommt es vor, daß der einfältige Volkssinn diesen Heiligen strafweise mit dem Gesicht in den Winkel abseits stellt oder daß der „Teufel", der den ganzen „Spuk" inszenierte, mit Exorzismus und Weihrauch aus Fleck und Land vertrieben wird.

Jeder neue Ausbruch eines Feuerberges bringt die Erinnerung an ähnliche und gleiche Ereignisse wieder, bei denen durch die herausgeworfenen Massen, die da zum ersten Male aus unbekannter Teufe plötzlich an die Oberfläche der Erde gelangen, Verwüstung im weiten Umkreis eintrat. Immer wieder werden die Berichte erneuert, aus denen zu ersehen, daß durch dieses Phänomen schon Hekatomben von Menschen verdarben. Mögen auch die Zahlen der durch den Ätna im Jahre 1669 getöteten 20000 oder 1693 gar 60000 Menschen übertrieben sein, so sind doch aus jüngerer und jüngster Zeit Paroxysmen bekannt geworden, wo tatsächlich solche Zahlen erreicht wurden. So wurden für den Ausbruch des Krakatoa i. J. 1883 40000 Menschen als vernichtet angegeben, durch den Temboro auf Sumbawa 1815 sogar 56000 und durch den Ausbruch des Mt. Pelée auf Martinique wurden innerhalb weniger Sekunden mehr als 30000 Leute dem Tode überantwortet. Die Schäden an Kulturen, Feldern, Vieh usw. lassen sich selten überhaupt feststellen.

Von all diesen Vorgängen werden aber nur jene bekannt und genauer verfolgt, welche in der Nähe eines Kulturzentrums gelegen

sind. Von gleichen selbst größeren Ereignissen inmitten des Weltmeeres auf abgeschiedenen Inseln erfährt die Menschheit und Wissenschaft oft nur ganz selten und zufällig.

Daraus ergibt sich die eine feste Tatsache, daß der Vulkanismus als Erscheinungsform katastrophal wirkt, plötzlich und ungeahnt hereinbricht und ebenso rasch verschwindet, daß diese Katastrophen rein lokal auftreten und über ein gewisses verschieden großes Areal in ihrer Wirkung nicht hinausreichen, kurz, daß der Vulkanismus eine lokal katastrophale Erscheinung ist. Darin gleicht er den großen Erdbeben, welche in analoger Weise katastrophal auftreten und wirken. Infolgedessen sind beide Erscheinungen aus der Reihe der ruhigen und normalen Entwicklung, welche sonsthin die Erde beherrscht, auszuschalten.

Mit dieser Tatsache ergibt sich noch ein weiteres. Die tätigen Feuerberge sind keineswegs dicht gesät. Wohl sind einzelne Gebiete der Erde besonders reich damit bestellt, dafür gehen aber andere völlig leer aus. In der Gegenwart kommt erst auf ein Bodenstück von 1420475,5 km² ein tätiger Vulkan überhaupt[1]).

Dadurch aber, daß der Vulkanismus ein geselliges Auftreten in der Regel erkennen läßt, werden diese rechnerischen Werte für große Territorien auf ein weitaus geringeres Maß herabgedrückt, um dagegen in gleichem Verhältnis auf der anderen Seite zu steigen.

Nicht durch diese seine topographische Anomalie ist der Vulkanismus zunächst von Belang, sondern durch die durch ihn geförderten Produkte.

Daraus ergibt sich folgendes. Die Massen, welche bei einem Ausbruch hervorbrechen, seien es bedeutende oder geringe, rasch- oder zähfließende Laven (rheumatitische Massen), seien es kubikmetergroße Blöcke, faust- oder nußgroße Lapilli, grobe oder feine Asche (klasmatische Produkte), bringen in der Umgebung der Auswurfsöffnung wesentliche Umgestaltungen hervor, welche typische Formen und Gestaltungen aufweisen und denen in den weitaus meisten Fällen ein Dauerndes, Erhaltendes, etwas Beharrendes innewohnt. So werden dort, wo früher Ebenen waren, Berge, aus denen weite Rücken und ganze Gebirgslandschaften werden können, wo früher die Meereswoge geflutet, tritt festes Land, an dem sich die Welle bricht. Neue Konturen werden dem flüssigen Elemente gesetzt und die Areale beider verschoben.

[1]) Diese Rechnung weicht um ein Bedeutendes von meiner früheren Angabe („Gaea" 1909, H. 10) deshalb ab, weil jene Berechnung auf der Mercallischen Zählung tätiger Feuerberge beruhte, während die vorliegende auf dem eigenen Vulkankatalog begründet erscheint.

Die Küsten vulkanischer Gebiete sind freilich nur wenig gebuchtet und meist flach. Kilometerweit kann man in den Sand- und Aschenmassen des Golfes von Neapel gegen die hohe See hinauswandern. Flach und schnurgerade erscheint die Westküste Mittelamerikas, gegen die die Passate und Flüsse die Aschen tragen, und Buchtenarmut ist die natürliche Folge. Nur auf den vulkanischen Inseln inmitten der hohen See gestaltet die brandende Woge wesentlich anders.

An den so durch den Vulkanismus neugeborenen (juvenilen) Produkten, welche gleichsam Rohformen des Erdantlitzes schaffen, modellieren nunmehr die äußeren Kräfte. Die Welle des Meeres verschlingt die neugewordene Insel, Wind und Sturm verschleppt die feine Asche, destruktive Kräfte vernichten die vorhandene Lavamasse, so daß nur Reste übrig bleiben. An diesen aber erkennt man, daß die zum Bau verwendeten Materialien gegen das Umland fremde neue Massen sind, daß durch die vulkanischen Kräfte neue Formen nicht aus vorhandenen, sondern aus vollkommen neuen Materialien geschaffen wurden und werden.

Vielfach haben die destruktiven Kräfte die oberflächlich gebauten Werke völlig zerstört und weggespült und selbst den Untergrund zertalt und zersägt.

Durch diese exogene Arbeit ist leicht zu erkennen, daß die Massen, welche durch den Vulkanismus an die Oberfläche kommen, auch in der Erdkruste selbst zu beobachten sind, daß sie in diese gleichsam injiziert wurden und die Oberfläche nicht erreichten.

Aus diesen Tatsachen heraus ist als Vulkanismus mithin jene Erscheinung zu bezeichnen, bei welcher aus dem Erdtiefen neue für die Oberfläche fremde Materialien in fester oder flüssiger Form gebracht werden. Allein, da sich auch durch organisch-chemische Prozesse ähnliche Vorgänge abspielen können (Schlammvulkane, Grundwasserdurchbrüche usw.), so bedarf diese Definition einer Korrektur, und es ergibt sich:

Vulkanismus ist jene Erscheinung, bei welcher bisher nicht vorhandene Materialien in rheumatitischer, klasmatischer oder pneumatitischer Form in oder auf die Erdkruste aus dem Erdtiefen durch Kräfte kommen, welche in der Natur des Kosmos ihre Ursache haben oder kurz:

Vulkanismus ist jene Erscheinung, bei welcher aus der Erdtiefe juvenile Massen in oder auf die Erdkruste gebracht werden[1]).

[1]) Die vorhandenen Lehr- und Handbücher begnügen sich zumeist, wenn sie überhaupt soweit eingehen, mit Alexander von Humboldts Definition: (Vulkanismus) „ist die Reaktion des Inneren gegen die Oberfläche“ (Kosmos I. Bd. S. 236). Bei

Diesem Vulkanismus im weitesten Sinne des Wortes verdankt die Erde ihr Sein. Die gesamte unbelebte Welt geht auf ihn zurück. Alles Sein stammt aus dem Erdkörper. Im letzten sogar die Produkte, welche der Lebewelt die Daseinsmöglichkeit überhaupt geben: das Wasser und der Nährstoff der Lebewelt. Zu dieser Anschauung ringt sich die allgemeine Erkenntnis immer mehr durch, und der Sieg der Plutonisten, welche um die Wende des 18. Jahrhunderts ihr Banner aufpflanzten, wird immer größer und bedeutender, denn das Gebiet des heutigen Neoplutonismus ist längst von dem Basalte zu anderen Problemen übergegangen.

Die Bedeutung des Vulkanismus für den Haushalt der Natur gliedert sich nach mehreren Richtungen. Sie ist teils eine direkt sich zeigende und offenbarende, teils eine indirekte. Die erstere selbst wieder gliedert sich nach verschiedenen Gesichtspunkten.

1. Durch die vulkanischen Prozesse werden durchweg neue, juvenile Massen mit größerem spezifischen Gewicht auf oder in die Erdoberfläche geschafft, wo sie selbst wieder in der langen Entwicklungszeit die Hauptquelle für die Sedimentation abgeben.

Nicht nur die feinen Aschenmaterialien sind es, welche in das Meer getragen werden oder nahe Süßwasserseen ausfüllen und verdrängen, sondern die rheumatitischen Produkte sind es vor allem, welche zerstört und verschleppt werden. Nicht nur, daß einzelne unterseeische Ausbrüche in der Folgezeit als Zwischenlager zwischen kalkigen und sandigen Sedimenten auftreten und eine eigene Schicht in dem System bilden, dem sie nun zugehören, sondern durch den einfachen Verwitterungsprozeß werden sie das Rohmaterial für neue Sedimente. Granite, Porphyre, Diabase, Basalte usw. werden zerstört und aus ihnen durch Umlagerung ein neues Gebilde.

Durch Umbildung und Umlagerung der vulkanischen Produkte wird die Mächtigkeit der Lithosphäre immer größer und bedeutender von oben her. Durch die vulkanischen Massen im weitesten Sinne des Wortes wird die Lithosphäre von unten her ständig verstärkt und mächtiger. Die oberflächlich verwitternden vulkanischen Produkte tragen überdies bei zur Verstärkung der Erdschale von oben her. Es vollführt sich gleichsam nur ein Transport aus der Tiefe zur Höhe, so daß das Volumen und der Radius der Erde immer die gleichen bleiben. Was unten d. h. im Erdtiefen vorhanden war, das wird an die Ober-

---

dieser Definition ist nur Rücksicht genommen auf den Gegensatz zwischen endogenen und exogenen Kräften, welche gleichsam in ständigem Kampfe gegeneinander stehen. Da aber das Wesen des Vulkanismus nicht in den Bauwerken allein liegt, sondern im Haushalte der Natur eine weitaus größere fast durchwegs nützliche Erscheinung ist, so erscheint diese Definition v. Humboldts als zu enge.

fläche geschafft und kann nicht mehr zurückkehren, sondern verfällt der Vernichtung und Zerstörung und unterliegt dem terrestrischen Kreislauf.

2. Durch die vulkanischen Massen werden neue Konturen zwischen Land und Wasser gezogen.

Nicht nur, daß neue Inseln vor dem Auge des Menschen bleibend errichtet werden, sind ganze Inselgruppen durch sie verschmolzen worden und Meeresbuchten Landfesten geworden. So haben, um nur wenige Beispiele anzuführen, die Fossilfunde es über allen Zweifel gestellt, daß an der Stelle des heutigen Vesuv ehedem das Meer wogte[1]), eine Tatsache, welche auch für die nahen Campi phlegraei zu Recht besteht. Die Geschichte Luzons, Javas, jede einzelne Vulkaninsel ist dafür Zeuge. Das Areal der selbständig aus dem Erdtiefen durch diese Kraft gewordenen Inseln beträgt rund 280000 km² d. h. 2,8% des Gesamtareals der Inseln überhaut.

Gerade die größten Inseln sind vulkanischer Herkunft. So beträgt die Fläche Islands 104785 km², Hawaiis 16946 km²; dagegen steht freilich das kleine Eiland St. Paul mit nur 6 km², das aus einer Tiefe von mehr als 2600 m zu 320 m ü. d. M. aufsteigt.

Im Areal verschwinden diese Baue gegen die Koralleninseln, welche einer Landfeste von der Größe Europas nahekommen, dem Volumen nach sind sie aber umso bedeutender.

Wohl ist der submarine Unterbau der Inseln vulkanischer Herkunft in den weitaus meisten Fällen völlig verhüllt und unbekannt, aber aus den typischen Formen, deren gesetzmäßige Gestaltung später ausführlich behandelt wird und welche durch die nahen Lotungen festgelegt werden können, ergibt sich der Wahrscheinlichkeitsschluß, daß sie in jedem einzelnen Falle unmittelbar den langen und schmalen Rücken aufgesetzt sind, welche durch die Tiefenmessungen erkannt wurden. Die Frage aber, ob diese unterseeischen Vulkanbaue mit einem Male geworden sind oder durch wiederholte Eruptionen, muß offen bleiben. Sicher ist, daß auch Lockermassen in der Tiefe des Meeres viel ruhiger liegen als am Lande und daß erst in unmittelbarer Nähe gegen den Meeresspiegel die Strömungen und Wellen destruktiv wirken. Doch werden auch Rutschungen des aufgeweichten Lockermaterials in größerer Tiefe vor sich gehen können. Über dem Meeresspiegel geschichtete Massen verfallen leicht der Vernichtung, wie zahlreiche historische Belege erkennen lassen. Ferdinandea, Falken-Eiland, Alëuten, Bonin seien für andere angeführt.

Ist schon das Areal vulkanischer Inseln nicht gerade klein, so wird die Fläche um ein Wesentliches größer, sobald man auch die Ge-

[1]) Deecke W. Geologischer Führer durch Campanien. Berlin 1901, S. 49.

biete mitnimmt, welche auf dem Festlande seit dem Tertiär von Eruptivmassen bedeckt wurden. v. Tillo[1]) hat schon vor längerer Zeit eine derartige Vermessung durchgeführt, ohne daß diese Werte eine weitere Beachtung gefunden hätten. Nach seinen Messungen ergibt sich in den einzelnen geologisch erforschten Gebieten der Erde folgendes Bild der seit dem Tertiär von Eruptivmassen bedeckten Fläche:

Europa	0,12 Mill. km^2
Asien	1,39 „ „
Afrika	0,41 „ „
Ozeanien	0,30 „ „
Nordamerika	1,01 „ „
Südamerika	0,73 „ „
In Summa	3,96 Mill. km^2

Von der gesamten bekannten Erdoberfläche sind mithin 2,9% des Areals von jüngeren Eruptivmassen bedeckt. Diese Zahlenwerte sind aber viel zu gering, da über die Verteilung dieser Produkte am Meeresboden gar nichts bekannt ist und submarine Ausbrüche nachgewiesenermaßen vorhanden sind.

Aus der angeführten Tabelle ergibt sich die eine festzulegende Tatsache, daß seit dem Tertiär der pazifische Teil der Erde besonders bevorzugt ist, denn nicht weniger als 3,43 Mill. km^2 werden hier davon bedeckt und nur 0,53 Mill. km^2, also noch nicht einmal die Fläche Deutschlands, fällt auf den atlantischen Teil.

Interessanter gestalten sich die Näherungswerte, sobald man daran geht, das Volumen der seit dem Tertiär geförderten Massen zu berechnen. Schlägt man die mittlere Mächtigkeit mit 2000 m an, eine Zahl, welche, wie gezeigt wird, viel zu klein genannt werden muß, so ergibt dies ein Volumen von 7,92 Mill. km^3. Auf Europa ausgebreitet würden somit diese Massen den Kontinent um 792 m erhöhen, die gesamte Erdoberfläche aber um 15,5 m.

Wohnt diesen Rechnungen auch nur ein problematischer Wert inne, so zeigen sie doch deutlich den Einfluß der vulkanischen Massen auf das Relief der Erde.

Damit ergibt sich von selbst der weitere Satz für die Bedeutung des Vulkanismus im Haushalte der Natur:

3. Durch vulkanische Ausbrüche werden Gegensätze zwischen Hoch und Tief geschaffen.

Mit der Höhenlage eines Gebietes hängen aber — abgesehen von der reinen geographischen Lage — eine Reihe anderer Erscheinungen

[1]) Comptes rendus. Paris 1892. No. 5.

(Klima, Niederschlag, Pflanzenwuchs usw.) zusammen. Gerade aber die Höhenlage wird durch die vulkanische Tätigkeit am meisten beeinflußt. Das kaum auf 2000 m aufgefaltete Grundgebirge Javas wird durch den G. Semeru auf 3676 m erhöht, Klima und Niederschlag werden hier durch die zahlreichen Kegel und Rücken beherrscht. Die Kordilleren Amerikas erfahren durch die Kegelberge Hephaistos' ein höheres Mittel. Das äquatoriale Afrika, an sich ein Hochland von mehr als 600 m, wird durch den 80 km langen und 50 km breiten Rücken des Kilimandjaro auf 6010 m erhöht. Welche mächtigen Baue vulkanische Kraft an einzelnen Stellen zu leisten vermag, zeigt folgende Tabelle:

	absolute Höhe:	relative Höhe:
Kilimandjaro	6010 m	5110 m bezw. 5210 m
Mauna Kea	gegen 11000 „	4208 „ ü. d. M.
Mauna Loa		4168 „ „
Kliutschewskaja Sopka	4916 „	4916 „ „
Meru	4730 „	3900 „ „
Fusiyama	3728 „	3728 „ „
Popocatepetl	5452 „	3500 „ „
Colima	3940 „	3300 „ „
Aetna	3274 „	3274 „ „
Tunguragua (Ecuador)	5087 „	3200 „ „
Kirungatscha Niragongo	3412 „	3200 „ „
Mt. Pelée	1350 „	1350 „ „
Vesuv	um 1200 „	1200 „ „
Masaya	660 „	400 „ „
Mt. Nuovo	140 „	140 „ „

Durch das Lockermaterial, das jeder Paroxysmus mit sich bringt, und das einmal durch seine Anfangsgeschwindigkeit, zum anderen durch sein Korn und den bewegenden Wind in nähere oder weitere Ferne geschleppt wird, liegt die morphologische Eigentümlichkeit vulkanischer Paroxysmen, nämlich die des Ausfüllens, Einebnens und Neuaufsetzens. Dies gilt für alle vulkanischen Gebiete der Erde. In kurzer prägnanter Weise ist dies durch Grevel ausgedrückt, der bezüglich des Ausbruches des Matavanu auf Savaii zu berichten wußte „alle ursprünglichen Höhenunterschiede (sind) ausgeglichen und ein neues Gewirr von Bergen und Tälern entstanden“ [1]).

Durch die vulkanischen Massen werden vorhandene Taltiefen ausgeglichen und verschwinden. Flüsse werden zu Seen gestaut (Japan), oder erhalten neue Richtungen für ihren Abfluß (Mittelamerika). Meeres-

[1]) Sapper, K. Neue Mitteilungen über den Matavanu-Ausbruch auf Savaii. Z. d. G. f. E. Berlin 1909.

teile werden zu Binnenwassern. So ist, um ein Beispiel für andere anzuführen, der Nicaraguasee in Mittelamerika eine durch vulkanische Produkte vom Meere abgeschnittene Meeresbucht, ein Prozeß, der erst in jugendlicher Zeit (Pleistozän) vor sich gegangen ist[1]).

Tuffe und Laven zeigen besondere Gesetze, denen sie bei der Erosion unterliegen. Übereinander liegende Laven verhalten sich ähnlich wie horizontal liegende Sandsteine, Tuffe dagegen haben je nach der Konsistenz ein verschiedenes Verhalten. Das klasmatische Material der basaltischen Gruppe böscht sich leicht zu normaler Talflanke, andesitische Tuffe dagegen neigen zu steilwandigen Schluchten. Die Ursache dafür ist bei den letzteren in dem eckigkörnigen Gefüge des Lockermaterials zu suchen, das sich gegenseitig verankert und hält. Infolgedessen stürzen die hangenden Teile erst nach, bis ihnen die Unterlage entzogen ist. Da sie überdies sehr locker liegen, sinkt das Niederschlagswasser leicht in ihnen nieder und sie können so dessen abspülender Tätigkeit leichter Widerstand leisten. Beispiele lassen sich schon aus dem Gebiet der Campi phlegraei erbringen. Stübel weist auf diese Erscheinung in Ecuador hin und zeigt, wie in diesen steilen Felswänden dann immer wieder die Derrumbos am meisten einsetzen und umgestaltend wirken[2]). Sapper berichtet das gleiche aus Mittelamerika[3]), und aus anderen Gebieten liegen dieselben Berichte vor.

Dieses verschiedene Verhalten der Tuffe gegenüber dem fließenden Wasser zeigt sich auch nach einer anderen Richtung. Kräftige Flüsse lassen sich zunächst durch die in das Bett gelangenden Klasmatika in ihrem Lauf nicht aufhalten und schleppen diese plötzlich hinzukommenden bedeutenden Massen weiter. Dadurch wird aber eine Verschiebung der Arbeitskraft des fließenden Wassers herbeigeführt. Die stärkere Erosion im Oberlauf häuft die Massen nach kurzem im Unterlaufe an, wo das Wasser nicht gleichen Schritt halten kann. Die aus dem Oberlaufe transportierten Massen bringen das Wasser im Unterlaufe zum Verlassen seiner bisherigen Richtung. Typische Belege lassen sich dafür aus Mittelamerika ebenso heranziehen wie aus Kamtschatka oder Island. Daß selbst lokale Wasserscheiden neu werden können, bedarf keiner weiteren Ausführung.

Das verschiedene Verhalten der festen Laven und der klasmatischen Produkte bringt besondere charakteristische Eigentümlichkeiten dort zuwege, wo beide Förderungsarten übereinander zu liegen kommen. Das

[1]) Sapper, K. Über den Gebirgsbau und Boden vom südlichen Mittelamerika. E. H. 150 P. M. S. 66.

[2]) Stübel, A. Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897.

[3]) Sapper, K. Die geographische Bedeutung der mittelamerikanischen Vulkane. Z. d. G. f. E. Berlin 1902.

feste Gestein verhält sich wie ein schwebender Sandstein, fällt steil und schroff ab, das Lockermaterial böscht sich ab. Daher entstehen zumeist in den älteren tertiären Vulkanbauten terrassenförmig absetzende Talflanken, denn nur dann, wenn die lockere Zwischenlage wenig mächtig ist, kann sie den Gesetzen des festen Gesteins unterworfen bleiben.

4. Mit den festen Massen (rheumatitischen und klasmatischen Produkten) kommen durch die gleiche Erscheinung ungeheure Mengen verschiedener Gase und chemischer Produkte an die Oberfläche der Erde, wo sie nun einmal direkt der Pflanzenwelt zum Vorteil oder auch Nachteil gereichen, zum andern auch von Menschen technisch gewonnen werden. Die Fruchtbarkeit der campagna felice ist bekannt. Stocklasa[1]) hat gezeigt, daß diese Fruchtbarkeit mit dem durch die Vesuvausbrüche geförderten Ammonium in Zusammenhang steht. Was von diesem Gebiete gilt, hat seine Richtigkeit auch für Mittelamerika. „Schon die Beimengung kleiner Mengen vulkanischer Aschen wirkt wie Dünger, wie die vermehrten Erträge der Kaffeepflanzungen beweisen, die 1866 von dem Aschenregen des Turrialba, 1880 von dem des Fuego getroffen worden sind. Auch die vulkanischen Staubteilchen, die vom Winde entführt erst in weiter Entfernung wieder zum Absatz kommen, verbreiten Fruchtbarkeit in das benachbarte Gelände hinein“ [2]). Die Ertragfähigkeit verwitterter Lava und Tuffe ist eine bekannte Erscheinung überhaupt.

Eine besondere Bedeutung kommt den feineren klasmatischen Produkten zu, die in außergewöhnlichem Maße Feuchtigkeit zurückzuhalten verstehen. Diese Tatsache machen sich die Bewohner der östlichen Kanaren zu Nutze und breiten diese Klasmatika über ihre Felder aus, um auch in Dürrezeiten vor Mißwachs gesichert zu sein[3]).

Spielt mithin schon in diesem Punkte der Vulkanismus tief in das menschliche Wirtschaftsleben hinein, so gilt dies noch weit mehr durch die Förderung der Chlorverbindungen. In dem großen Talbecken der Provinz Imbabura treten im Tuffe in der Ebene von Salinas bei 1000 m Meereshöhe weite Lager von NaCl auf, die etwas jodhaltig sind und seit uralten Zeiten zu einer eigentlichen Salzindustrie Veranlassung gegeben haben. Am Fuße des Chimborazo finden sich analoge Quellen bei 3543 m ü. d. M., die gleichfalls ausgebeutet werden[4]). Von bedeutenden Salzlagern vulkanischer Provenienz wird Kunde durch

---

[1]) Stocklasa, J. Über die Menge und den Ursprung des Ammoniaks in den Produkten der Vesuveruption im April 1906. Br. d. d. chemischen Gesellsch. Berlin 1906.

[2]) Sapper, K. Z. d. G. f. E. Berlin 1902. S. 523.

[3]) Sapper, K. Z. d. G. f. E. Berlin 1909. S. 539.

[4]) Stübel: a. a. O. S. 216.

v. Draches Untersuchungen auf Luzon[1]). Chlorammonium und Borsäure werden nach Bergeat[2]) schon seit langem aus den Fumarolen der liparischen Inseln (Vulcano) gewonnen, und seit langem ist Chlornatrium bekannt, das heiße Quellen (z. B. Karlsbad) zutage fördern, ohne daß es möglich wäre, eine andere Herkunft dafür anzugeben als die Erdtiefe, aus der es auf dem Wege pneumatitischer Vulkanäußerungen zutage tritt[3]).

Da nahezu alle Elemente bei vulkanischen Förderungen beobachtet worden sind, da insbesondere schon frühzeitig der Bergmann gewisse Eruptivgesteine als Erzbringer gewürdigt hat (Zinnerzvorkommen), da an zahlreichen Stellen der Zusammenhang zwischen beiden offenkundig lag, so war der Schritt zu der Erkenntnis, daß Vulkanismus und Erzlager in innigem Konnex miteinander stehen, nur ein kleiner. Nicht nur in Chile ist das Au- und Cu-Vorkommen an Eruptivgesteine gebunden, wie Möricke[4]) zeigte, sondern auch in Ungarn, an die tertiären Quarzandesite und Liparite in Californien und dem Ural. Das Gebundensein der Przibramer Bleierzgänge an die Diabase und Diorite, das Zusammenfallen der Joachimstaler Erzgänge mit den oberoligozänen Basalten, das analoge Verhältnis der Kobalt- und Silberfunde im Annaberger Revier sei erwähnt. Das Vorkommen von ge-

[1]) „Etwa drei Stunden vor dem Zusammenflusse des Pinquiang mit dem Magat erblickt man . . . am linken Ufer einen Hügel mit weißer Spitze . . ., von welchem die Igorrotes ihren Salzbedarf holen . . . Am Fuße des „Monte Blanco“ treten Gipsmergel auf, die mitunter Lagen von reinem Fasergips enthalten . . . (Sie) streichen N-S und werden von einem sehr zersetzten Eruptivgestein durchbrochen . . . Über diesen Mergeln erhebt sich nun ein großer, glockenartiger Hügel, der vollkommen mit Salz und Gips inkrustiert ist. Mächtige Gips- und Salzstalaktiten hängen an ihm herunter . . .“ Auf der Spitze des Hügels „bemerkt man oben ein flaches Bassin, in welchem eine schwache Quelle unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas emporsteigt. Die Quelle . . schmeckte sehr salzig. An den Rändern des . . . Bassins setzten sich schöne Schwefelkristalle ab . . . Die Gipsmergel . . dürften sich wohl als Quellenabsätze erklären, wir hätten dann eine relativ ungemein junge Äußerung der vulkanischen Tätigkeit in dem (eruptiven) Feldspatgang . . .“ Den Ursprung der Gipse und Salze sucht v. Drasche in von diesen eruptiven Massen bedeckten Sedimenten, deren Vorhandensein ihm selbst allerdings problematisch erscheint. Man wird nicht fehlgehen, diese Salzquelle überhaupt als vulkanischer Natur anzusehen, zumal das ganze Gebirge von vulkanischen Gesteinen aufgebaut ist. Zudem treten an anderen Stellen, z. B. Meynit, kochend heiße Quellen auf, aus welchen von den Bewohnern ebenfalls durch einfache Verdunstung reines Kochsalz gewonnen wird. Diese letzteren Gebiete liegen in der Nähe des trachytischen M. Datá. v. Drasche: Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon. Wien 1878. S. 26 u. 40.

[2]) Bergeat, A. Die aeolischen Inseln. München 1899.

[3]) Sueß, E. Über heiße Quellen. Verhandlungen d. Gesellsch. d. Naturforscher u. Ärzte. Karlsbad 1902. I. Teil. Leipzig 1903.

[4]) Möricke, W. Die Gold-, Silber- und Kupfererzlagerstätten in Chile und ihre Abhängigkeit von Eruptivgesteinen. Freiburg i. B. 1897.

diegenem Eisen bei Ovifak auf Diskö an der Westküste Grönlands ist lange schon bekannt und von unendlich praktischem Werte die Ausscheidungen von Eisenerzen in Eruptivgesteinen, wie sie sich im Ural, in Schweden u. a. a. O. finden. Und, wenn auch im praktischen Leben diese primären Erzlager nicht immer Wertung finden, zahlreiche Vorkommnisse darauf hinweisen, daß durch atmosphärische Wasser Umlagerungen, Anreicherungen und Neubildungen vorgenommen wurden, so steht doch das eine fest, „daß die ursprüngliche Bildung der meisten Erzgänge aus großer Tiefe aufsteigenden Thermen zu verdanken ist. Diese Thermen (sind) Nachwirkungen plutonischer Vorgänge, wie der Intrusion granitischer Massen oder auch vulkanischer Ereignisse im engeren Sinne“ [1]).

Nicht nur die Erze, sondern auch eine Reihe von Edelsteinen (Diamanten) zeigen in primärer Lagerung ihr Gebundensein an vulkanische Bildungen (Afrika) [2]).

Die Beobachtung an Thermen, Fumarolen und auch an Vulkanen selbst führt zu einem weiteren Satz über die Bedeutung dieser Erscheinung im Haushalte der Natur.

5. Das Wasser der Erde hat seinen Ursprung vulkanischen Bildungen zu verdanken. Ist auch die heutige Zufuhr gering, so kann sie nicht als abgeschlossen bezeichnet werden [3]). Die Frage, wie groß der

---

[1]) Beck, R. Lehre von den Erzlagerstätten. 2. Aufl. Berlin 1903. S. 441f.

[2]) In diesem Zusammenhang wäre auf die Arrhenius-Frech'sche Theorie über die Ursachen der Klimaschwankungen, hervorgerufen durch größeren oder geringeren CO_2-Gehalt der Atmosphäre, einzugehen. Svante Arrhenius hat diese Anschauungen zum ersten Male im Philosophical Magazine 1896, Bd. 41, S. 237, zum Ausdruck gebracht, F. Frech vom geologischen Standpunkt sie zu stützen unternommen. (Z. d. G. f. E. Berlin 1902. S. 611ff u. 671ff.) Gegen Svante Arrhenius' Berechnungen ist von verschiedener Seite, insbesondere von seiten Ångström's und C. Schäfer's, Widerspruch erhoben worden. (Ann. d. Physik N. F. 3. 1900. — Öfversigt, Vetensk. akad. Förhandl. 1901 — Schäfer, C. Über die ultrarote Absorption Spektra der CO_2, Breslau 1903; desgl. Ann. d. Physik 1905.) Zu diesen rein physikalischen Auslassungen kann keine Stellung genommen werden und muß auf die Gegenschrift von Sv. Arrhenius (Meddelanden från K. Vetensk. akad. Nobelinstitut, Bd. 1, No. 2) verwiesen werden. Gegen F. Frechs Ausführungen lassen sich größere Bedenken nicht unterdrücken. Es sei nur auf zwei unvereinbare Tatsachen hingewiesen. Die permische Eiszeit fällt zusammen mit einem Höhepunkt vulkanischer Tätigkeit, die CO_2 konsumierende Tätigkeit geht ihr voran. Ganz analog im großen und ganzen auch im Tertiär. Die Zeit der diluvialen Eiszeit ist gleichfalls eine Zeit größerer Vulkantätigkeit, als Frech annimmt, wie aus den späteren Darlegungen hervorgehen wird. Die Tätigkeit des Lazialvulkans hatte ein Widerspiel auf Island, in Mitteleuropa u. a. a. O.

[3]) Die Lehre des „juvenilen“ Wassers gehört z. Z. wohl noch immer zu den ungelösten Problemen, wie überhaupt die Lehre des pneumatitischen Vulkanismus. Brun's Arbeiten auf diesem Gebiete, welche die ganze Lehre von den wasserführenden Auswürfen der Vulkane zu widerlegen scheinen, werden in der weiteren Folge besprochen werden.

Zutrag aus der Tiefe heutigentages ist, steht völlig offen. Nur wenige juvenile Quellen sind auf ihre Physik derartig untersucht, um einen Mittelwert angeben zu können. Für die großen Gebiete aber (Amerika, Island usw.) stehen solche Daten überhaupt völlig aus. Daß die Erträgnisse keine geringen sind, zeigt z. B. der Karlsbader Sprudel, der schon nach Rosiwal's Berechnungen über 1500 l/m lieferte[1]).

Zeigen die angeführten Tatsachen, daß der Vulkanismus im Haushalte der Natur und insbesondere der Menschheit in ihrer Gesamtheit zu großem Vorteil gereicht, daß durch die durch ihn geförderten Produkte in der höheren Kultur, hauptsächlich durch das Gold, die Grundlage der Wertung gegeben wird, so darf nicht verkannt werden, daß

6. durch seine katastrophale lokale Äußerung gerade wieder dem Menschen viel Schaden zugefügt wird.

Nicht immer freilich sind durch seine wilden Paroxysmen große Kulturwelten wie Pompeji vernichtet worden, auch dem weniger stolz auftretenden Reichtum und der gleißenden Pracht bringt er empfindliche Verluste. Nicht immer sind tropische Fülle zur Hand, um seine Werke rasch wieder zu verdecken und gleichsam ungeschehen zu machen. Denn in den Tropen erholt sich insbesondere die Pflanzenwelt eben durch den zugeführten natürlichen Dünger und die rasch arbeitende chemische Verwitterung sehr bald. Auch die Tierwelt, die vernichtet worden, wandert wieder zu, aber der Mensch muß doch oft lange fern bleiben. Die scharfen mechanischen Bestandteile, welche sich mit der Atmosphäre mengten, hindern und zersetzen seine Atmungsorgane, die von den Fäulnissen der vernichteten Tier- und Pflanzenwelt geschwängerte Luft und das Wasser lassen ihn lange nicht in unmittelbarer Nähe neu siedeln.

Von diesen Folgen wird nicht nur die ganze Landschaft, sondern in letzter Linie das Einzelwesen betroffen und heimgesucht. K. Sapper hat diese Dinge nach dem Ausbruche von S. Maria in Guatemala gezeigt und in feinsinniger Weise die Bedeutung der vulkanischen Gebilde in Mittelamerika für das Leben des einzelnen Menschen überhaupt zu schildern verstanden[2]).

Hier und in den anderen Gebieten der Tropen setzt die chemische Zersetzung ein und arbeitet Pflanze, Tier und Mensch vor. Doch ist auch hier die Natur nicht imstande in den lockeren Aschenmassen, welche so sehr wasserdurchlässig sind, eine üppige Florenwelt aufkommen zu lassen. Meist sind selbst in den Tropen die von klasmatischen permeablen Produkten bedeckten Gebiete die Heimat xerophyler Pflanzen. Dadurch wird vielfach der scharfe Gegensatz zustande ge-

[1]) Jahrb. d. R. A. 1894. Tab. 3. Z. Z. gegen 1900 l/m, insgesamt gegen 2000 l/m.

[2]) Sapper, K. Peterm. Mitt. 1904, S. 204 — N. Jahrb. f. Min., Geol., usw. 1904, II. Bd., S. 1f. — Z. d. G. f. E. Berlin 1902.

bracht zwischen der Flora im Tallaufe und der Ebene, die um weniges höher gelegen ist. Auf diesen Gegensatz wird von allen Reisenden hingewiesen, sofern darauf Rücksicht genommen wird, und in letzter Zeit hat erst wieder Haeckel auf diese Tatsache in Java aufmerksam gemacht[1]).

Nicht so in den nördlichen Gegenden der Erde, wo die klimatischen Verhältnisse von vornherein der Vegetation nicht allzu günstig sind, wo ständige Stürme die Lockermassen weiter führen und so selbst zunächst verschontes Terrain unter Schutt und Asche vergraben. In solchen Gegenden wird ein Ausbruch die Ursache tiefen Elends, Hungers und Todes. Wohl am deutlichsten geht dies aus dem Berichte hervor, welcher über den Ausbruch des Laki vom Jahre 1783 auf Island vorliegt. Magnus Stephenson hat ihn gegeben[2]). War schon der bloße mit Asche und Schwefel imprägnierte Regen genügend, um Schwindel und Schmerzen zu erregen, so waren die Folgen noch bedeutendere, gräßlichere. Auf lange Zeit hinaus war jeglicher Aufschwung unterbunden. Tier und Mensch war am Aussterben. Infolge solcher Ereignisse zeigt sich, daß die vulkanischen Gewalten ganz bedeutende und furchtbare Geißeln für die Menschheit sind. Diese Berichte sind das garstige Blatt im Buche der Natur, und man überschlägt es gerne und rasch.

Aber aus ihnen ist zu ersehen, welchen Eindruck dieses Phänomen

7. auf das geistige Leben des Menschen hervorbringt.

Steht heutigentages die Frage nach der Ursache vulkanischer Äußerung und der Erscheinung überhaupt mit im Mittelpunkt des Interesses aller Kulturvölker, so knüpften sich bei allen Völkern abergläubisch-mythische Vorstellungen daran. Immer spann sich etwas Geheimnisvolles um die Feuerberge. Immer stand das Phänomen im Mittelpunkte des menschlichen Interesses. Von Empedokles, der in dem Krater des Aetna aus Wissensdurst zugrunde gegangen ist, von Franzisko Montano, der 1519 aus dem tätigen Krater des Popocatépetl Schwefelstufen hob, und Fray Blas de Castillo, der aus der Tiefe des tätigen Masaya Gold heben will, bis zur Gegenwart: das Interesse ist ein gleiches. Haben die Griechen unter dem Aetna den Riesen Tiphoeus vermutet, dessen Füße bis Ischia reichen, so hat das nahe campanische Vulkangebiet als Eingang zur Unterwelt gegolten und von jeher haben aus diesem Phänomen schlaue Menschen Vorteil gezogen. Darüber hat C. de Stefani[3]) genaue Untersuchungen

[1]) Haeckel, E. Aus Insulinde. 2. Aufl. Leipzig 1909. S. 146.

[2]) Philosophische Schilderung der gegenwärtigen Verfassung von Island. Altona 1786. S. 360ff.

[3]) Stefani, C. de. Die phlegraeischen Felder bei Neapel. P. M. E. H. No. 156 Gotha 1907.

durchgeführt. Der Mythos vom Raub der Persephone durch Pluto hat in vulkanischen Ereignissen des Mittelmeergebietes seinen Ursprung und seine Erklärung.

Wie die Alten die Solfataren als den Eingang zur Unterwelt bezeichneten, so nennt auch der Isländer einzelne derartige Gebiete „Hölle“, und nach Naumann's [1]) Versicherung pflegen die Japaner analoge Plätze mit dem Namen O-Yigoku d. i. Hölle zu bezeichnen. „In der Nähe solcher Plätze hat auch hier die Priesterschaft Tempel errichtet, da die imposanten Äußerungen der Naturkräfte die Phantasie und den Aberglauben des Volkes auf das mächtigste anregen.“ Das gleiche zeigt sich bei dem Indianer Südamerikas, der allerdings nicht nur die einzelnen hochaufragenden Vulkane, sondern überhaupt jeden Berg personifiziert und ihm scheu aus dem Wege geht [2]). Und von den Negern Kameruns weiß von Stromer zu berichten, daß diese angesichts des schwach tätigen Monga ma Loba (Kamerunberg) an den feuerspeienden Berggeist glauben [3]). Auf Grund alter Chroniken berichtet G. Becker, daß auf den Philippinen in den Vulkanen Teufelswerk und Höllenspuk gesehen wurde und daß z. B. Frater Albuquerque gegen den Taal mit Exorzismus und Gebet vorgegangen ist, und als dieses nichts nützte, sein Beginnen nochmals aufnahm [4]).

In die alte nordische Göttersage ist manch ein Bild eines Vulkanausbruches mit feuriger Lava, die lindwurmartig daherkriecht, Feuer, Rauch und Verderben vor und hinter sich verbreitend, mit verwoben. Der Weltuntergang, die Götterdämmerung, ist das der isländischen Heimat abgelauschte Naturschauspiel vulkanischer Kraft. Erdbeben gehen voraus, die Midgardschlange schwillt an, die Feuergeister unter Lokis Führung brechen los. Heimdall läßt sein Horn erschallen, die Götter sprengen heran, Odin voran. Er nimmt den Kampf mit dem Fenriswolf auf und wird getötet. Der klaffende Rachen verschlingt die geschwärzte Sonne. Die Erde versinkt, die Sterne fallen, der Weltbrand vollendet sich. Die gewaltigen Lavafelder Islands, die verheerenden Ausbrüche mit den gewaltigen Aschenmassen, welche die Sonne verdunkeln und jeglich Gestirn verhüllen, das Getöse der entfesselten Natur, die noch wenig zuvor in nordischer Schönheit erstrahlte, sie alle zusammen gaben den Anlaß und das Grundmotiv der germanischen

---

[1]) Naumann, E. Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans. P. M E. H. No. 108. S. 10.

[2]) Stübel, A. Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897. S. 273.

[3]) Nach Simmer, H. Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande. München 1906. S. 84.

[4]) Becker, G. Report on the geology of the Philippine Islands. Washington 1901. S. 49f.

Schöpfungsgeschichte. Wohin der schöpferische nordische Dichter trat, überall begegneten ihm die Zeugen dieses Kampfes zwischen Gut und und Böse, zwischen den Licht- und den Feuergöttern. Ganz ähnlich spann der Samoaner[1]), der auf feurigen Inseln lebt und gleiche Gebilde im Umkreis weiß, seine ganze Vorstellung über den Ursprung der Welt. In seiner Hütte erzählt er:

Zu Anfang war Leai, das Nichts. Später ward Nanamu, der Geruch, das ist das Äthergleiche, das noch nicht zu greifen ist, wohl aber empfunden werden kann. Der Geruch wird zum Rauch, dieser zu Wolken und aus diesen ward das Feste, das Land. Auch das Meer ward. In einer großen Katastrophe versank das Festland ins Meer. Hierbei entstand das Feuer. Es vermählte sich mit dem Wasser und sie zeugten miteinander die neue aus dem Schoße des letzteren aufsteigende Erde: Samoa.

Das ganze irdische Getriebe wird direkt oder indirekt durch diese ungeklärte Erscheinung beeinflußt und bedingt. Die Lehre der Plutonisten steigt in neuer Form wieder auf die Oberfläche und vollendet in einer neuen Gestaltung den Sieg über die Neptunisten. Nicht nur das feste Gestein zeigt seine erste Entstehung mit dieser Gewalt verwurzelt, auch der menschliche Geist, der sich frei erheben kann über das Irdische, auch er ist durch diese Fesseln behindert und kann sich nicht losringen, sondern baut phantastische Mythen und Sagen auf diesem Grunde auf.

Die Methoden und Aufgaben zur Erforschung der vulkanischen Erscheinungen

Kein Wissenszweig der modernen Physiographie und Geologie zeigt eine derartige Verfahrenheit und Verworrenheit in den Anschauungen und Vorstellungen als die Lehre der vulkanischen Phänomene, kein anderes Untersuchungsobjekt zeigt in seiner Entwicklung soviel veraltete, unrichtige, reliktengleiche Begriffsbestimmungen als dieses, in keinem anderen jagen sich geradezu die genetischen Anschauungen so rasch als bei ihm, in keinem anderen mangeln so wie hier die deskriptiven Grundlagen.

Die Ursache liegt neben dem allgemeinen Interesse, das diese Naturerscheinung in sich birgt und das infolgedessen jedermann das Wort

[1]) Wegener, H. Samoa, Land und Leute. Z. d. G. f. E. Berlin 1902. S 414.

läßt, darin, daß ihm die Grundlage jeglichen Fortschrittes völlig mangelt: ein auf Grund sorgfältiger Beobachtung und zusammenfassender Kritik aufgebautes deskriptives System, aus dem ein genetisches erst hervorgehen kann.

Wie jede Wissenschaft muß auch die Lehre der vulkanischen Phänomene sich zunächst nach zwei Hauptrichtungen bewegen: einmal nach der deskriptiven und dann erst nach der genetischen.

Die erste, die deskriptive, beschreibende, muß sich der morphologisch-geologischen Arbeitsmethoden bedienen. Ihr kommt die Aufgabe zu, das Einzelobjekt zu beschreiben, zu ordnen und zu katalogisieren. Sie muß eine richtige sinngemäße Nomenklatur prägen, um so die Einzelobjekte in große, gemeinsame Systeme einzuordnen. So werden zunächst rein deskriptive, orographische, morphologische Systeme geschaffen. Diese können erst zur Grundlage und Einteilung der Wissenschaft überhaupt führen, ohne sie kann an eine weitere Entwicklung nicht gedacht werden. Da sie auf der direkten Beobachtung beruhen, so sind diese ersten ordnenden Anfänge zunächst Erkenntnissysteme an sich. Diese „ordnende Tätigkeit des Theoretikers erweist sich als notwendig, um die Erfahrungen nutzbringend zu machen. Sobald man die ersten vielleicht ungenauen Regeln gefunden hat, kann man anfangen, den Gang der Ereignisse voraus zu sagen und diese Weissagungen auf ihre Richtigkeit prüfen. Dadurch werden die gegebenen Regeln und infolgedessen auch die Naturerkenntnis immer mehr verbessert“ [1]).

Um aber zu der Aufstellung der ersten großen Regeln gelangen zu können, muß dieser Arbeitsteil versuchen, die Erkenntnis auf jedes einzelne Objekt auszudehnen, denn nur „auf die stetige Mehrung gewissenhaft beobachteter Tatsachen“ gründet sich der Fortschritt, wie A. Stübel treffend bemerkt hat [2]).

Dieser ersten ordnenden Tätigkeit stellen sich von vornherein große Schwierigkeiten in den Weg. Vorerst ist es der Mangel guter und verläßlicher Beobachtungen.

Die Vulkankataloge beziehungsweise die Berichte über Vulkanausbrüche sind vielfach ungenau, übertrieben und entstellt. Vielfach wird von Lavaergüssen und Aschenauswürfen, meist nur von ersteren, häufig von Flammenerscheinungen u. dgl. m. berichtet, während die Kritik die völlige Haltlosigkeit aufdeckt und das ganze „großartige“ Schauspiel auf einige größere Rauchsäulen, auf eine stärkere pneumati-

---

[1]) Arrhenius, Svante. Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten. Leipzig 1908. S. 41.

[2]) Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897. S. 1.

tische Kraftäußerung zurückführt. Beispiele dafür sind zahlreich, selbst aus der neuesten Zeit.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Festlegung des Begriffes eines Ausbruches. Zahlreiche Vulkane haben oft mehrjährige geringere oder größere Auswürfe; bei Feuerbergen in der Nähe eines Kulturzentrums ist auch die kleinste Regung verzeichnet, bei fernen oftmals selbst große Ausbrüche unbekannt. Dadurch erhält die Ausbruchsstatistik eine schwankende unsichere Basis, so daß Schlüsse auf Grund der Ausbrüche sehr gewagt erscheinen. Deshalb darf die Chronik der Vulkanparoxysmen nicht zum Ausgangspunkte weittragender Schlüsse gemacht werden.

Auch dadurch gestaltet sich die Untersuchung vulkanischer Bildungen besonders schwierig, daß bei ihnen große führende Leitmomente scheinbar fehlen, welche die Entwicklung erkennen ließen. Keinerlei Fossilien führen, keine allgemeine Richtlinien sind zunächst zu sehen wie bei den Gebirgen oder der Entwicklung eines besonderen Landschaftsbildes. Jeder Einzelbau ist ein Objekt für sich und erst die Untersuchung zahlloser Einzelindividuen zeigt die gemeinsamen Züge.

Aber, da die vulkanischen Kraftäußerungen rasch vor sich gehen, so können nicht diese veränderlichen, wechselnden Phänomene maßgebend werden, sondern nur die bleibenden, geschaffenen, beharrenden Baue, welche daraus hervorgehen. Denn das Ganze hängt nicht am Einzelnen, vielmehr schafft das Ganze das Einzelne. Daher wird die morphologische Methode fruchtbare Erkenntnis bringen, weitaus größere als die genaue Aufzeichnung der einzelnen Pulsationen während eines Ausbruches.

Die rein äußere Beschreibung selbst genügt aber nicht, sie benötigt unbedingt der Erkenntnis über den Aufbau des untersuchten Gebietes, d. h. sie muß dem geologischen Gefüge genaue Aufmerksamkeit zuwenden; kann also schon hier der geologischen Beobachtungsmethoden nicht entbehren.

Die deskriptive Methode kann bei der Gegenwart nicht verbleiben. Mit Hilfe der geologischen Untersuchung muß sie auch jene Objekte in ihr Forschungsgebiet einbeziehen, welche sich als vulkanische Bildungen früherer Zeit erkennen lassen. Dadurch wird es möglich, die einzelnen Etappen in der Entwicklung zu erkennen, die in der Gegenwart zu verfolgen unmöglich sind, da diese Erscheinung einmal infolge ihres katastrophalen Charakters eine nahe Beobachtung ausschließt, sich vielfach innerhalb der Erdkruste abspielt und infolgedessen dem Menschen verborgen bleibt und überdies noch häufig genug am Meeresgrund vor sich geht.

Die morphologische Beobachtungsweise darf aber bei der Erde nicht verbleiben, sobald andere Weltkörper ähnliche Bildungen aufweisen. Gelingt es zunächst auf rein morphographischem Wege Analogien aufzudecken, gelingt es z. B. gleiche Formen festzulegen, weiter, in der Entwicklung der Bildungen des Mondes gleiche Gesetze aufzudecken wie auf der Erde, so schreitet die Lehre des Vulkanismus auf diesem Wege zu einer wichtigen Erkenntnis und Errungenschaft weiter vor. Denn dann können die von der Erde her bekannten geologischen Prozesse auf den Mond übertragen werden. Zeigen zwei verschiedene Weltkörper in dieser Beziehung die gleichen Phänomene und die gleiche Entwicklung, so tritt die Wahrscheinlichkeit zugunsten der Gewißheit zurück.

Obwohl der Eruptionsschlund, der Krater im engeren Sinne des Wortes, nicht als typisches Erkennungszeichen eines Feuerberges anzusehen ist, so muß doch bei seinem Vorhandensein auf seine Lage und Ausdehnung ein ganz besonderer Wert gelegt werden. In den weitaus meisten Fällen zeigt sein Umriß eine elliptische Gestaltung und Verzerrung, in mindestens ebensovielen Beispielen ist eine Seite seiner Umwallung niedriger. Bei ebensovielen Feuerbergen zeigt die Längsachse eine Lage von O zu W mit entsprechenden Varianten zu N und S, selten eine Verlängerung im Meridian. Diese morphologische Eigenart typischer Kraterberge ist eine ganz besondere zurzeit aber wenig beachtete.

Alle diese Wege sind bis zum heutigen Tage nur wenig betreten worden. Über wenige schüchterne Anläufe ist die Lehre vom Vulkanismus auf diesem Wege nicht gekommen. Bei allen Klassifizierungen, auf welche später genauer eingegangen werden wird, wurde sofort ein in den meisten Fällen irriges genetisches System in den Vordergrund gestellt. Dieses zu frühe Einsetzen des genetischen Momentes hat der Entwicklung nur geschadet.

Ist es möglich, die scheinbar regellosen Formen vulkanischer Baue auf wenige Grundformen zurückzuführen, so erscheint es unbedingt nötig, eine feste Nomenklatur zu prägen, um so in dem scheinbaren Chaos Ordnung halten zu können. Diese Nomenklatur muß sich zunächst auf rein äußere Momente stützen, sie muß der Natur möglichst angepaßt und abgelauscht und in ihrer Namengebung so beschaffen sein, daß es dem Systematiker nicht schwer fällt, neu hinzutretende Bildungen und Beobachtungen einzuordnen. Das ist nur möglich, sobald sich eine Kunstsprache einführen läßt.

Alle Wissenschaften haben sich zum großen Vorteil ihrer Disziplin und zur raschen Entwicklung solcher künstlicher termini bedient. Nur die Lehre vom Vulkanismus hat sich davon ferngehalten. An Stelle der

Kunstsprache wurden Lokalausdrücke aus den fernsten Gebieten zur Hand genommen und in diese den besonderen spezifisch lokalen Ausbildungen entnommenen Worte und Begriffe ist Alles hineingepreßt worden. Dadurch wurde das Chaos noch größer. Denn gerade dadurch, daß die beschreibende Geologie-Geographie auf diesem Gebiete nicht alles selbst beobachten kann, daß auch die besten Karten und Bilder nicht die genaue Wiedergabe eines besonderen Typus ermöglichen und so, gleich dem Paläontologen oder Petrographen, eine Laboratoriumsarbeit gestatten, ist es auf alle Fälle unstatthaft, solche lokale Bezeichnungen als generelle in die Wissenschaft einzuführen. Wohl haben einzelne Bezeichnungen und Termini gewissermaßen das Heimatsrecht in der Wissenschaft erhalten, aber mit Unrecht. Mit einem Lokalausdruck werden spezifische Erscheinungen, welche nur diese Gebiete charakterisieren, bezeichnet, die sich auf andere gar nicht anpassen lassen, wodurch dann, da es doch geschieht, eine falsche Grundlage gegeben ist, die nur den Fortschritt hemmt. Eine solche „Lokalsprache“ und „Lokalbezeichnung“, ein Spezifikum für ein Genus aufzunehmen, ist falsch. Noch können Ausdrücke dienlich und verwertbar erscheinen, welche Gegenden entstammen, die leicht kontrollierbar und erreichbar sind. Daher mag „Somma“, „Caldera“, „Maar“ u. a. eine rasche Einführung und baldiges Heimatrecht in der Terminologie des Vulkanismus erhalten haben, obwohl auch gegen diese mit Recht Stimmen laut werden. Unter allen Umständen aber ist es verfehlt, jene Lokalbezeichnungen aufzugreifen, welche Gegenden entstammen, die sehr schwer zu erreichen sind, die dem Innern Afrikas oder den hohen Anden entnommen sind. Die Natur arbeitet bei ihren Werken doch nicht so schablonenhaft, daß sie die gleichen Gebilde wiederholt werden läßt, wie sie z. B. der Vesuv repräsentiert oder der Mt. Pelée, die Puys de Dôme, die Dyngjen auf Island usw. Es sind nur Ähnlichkeiten, Analogien, niemals das gleiche.

Dadurch wurde in die Nomenklatur und in die Morphologie der Vulkanberge ein äußerst kompliziertes System hineingetragen, das nur Verwirrung schuf, wie dies z. B. durch Stübel geschehen ist, der allerdings bei seiner genetischen Einteilung sofort auf zwei Grundtypen zurückgegangen ist.

Wie v. Seebach hat auch Stübel für diese eine eigene Bezeichnung sich geschaffen, die nicht der Natur entlehnt war, ihr aber auch nicht zur Gänze angepaßt wurde. Beide schufen sich eine Kunstsprache.

Eine Kunstsprache, ein künstlicher Terminus, läßt den besonderen Fällen freien Raum, er ist weit genug, um selbst nur ähnliches zusammenzufassen. Durch ihn ist es möglich, das scheinbare Chaos der Formen auf wenige Genera zurückzuführen.

Je einfacher diese sind, umso besser für die weitere Entwicklung. Die Genera lassen die einzelnen Spezifika noch immer zum Worte kommen. Selbst den generellen Typen fehlen in der Vulkanologie präzise Ausdrücke. Genus und Spezifikum hat nirgends so gleiche Bedeutung wie in der Vulkanologie, statt daß auch hier wie anderswo zwischen beiden eine Über- und Unterordnung festgelegt wäre.

Infolgedessen ist es Aufgabe einer modernen exakten Lehre vom Vulkanismus und insbesondere der vulkanischen Erscheinungen der Erde, in dieses Wirrnis Ordnung zu bringen. Die morphographischen Einheiten müssen von ihr herausgeschält, einheitlich geordnet und systematisch bezeichnet werden. Damit kann sie sich jedoch nicht begnügen. Sie muß diese gefundenen Größenordnungen mit kurzen prägnanten Terminis bezeichnen. Diese müssen so gewählt sein, daß sie nur dem äußeren Moment Rechnung tragen, nicht dem genetischen. Am besten aber werden diese dann erscheinen und sein, wenn die deskriptiven Termini den genetischen parallel gehen bezw. wenn beide sich decken.

Fallen beide Systeme mit ihren Terminis zusammen, gibt der deskriptive Fachausdruck zugleich eine bestimmte genetische Vorstellung. Damit ist die Wissenschaft um ein wesentliches Stück vorwärts gekommen.

So große Fortschritte die Lehre vom Vulkanismus durch die morphologische Untersuchungsart erhalten wird, so wird sie allein nicht zum Ziele führen. Parallel zu ihr muß die topographische Methode treten.

Allein, auch diese darf nicht einseitig vorgehen. Sie darf sich nicht begnügen mit der einfachen topographischen Festlegung der „tätigen“ und „erloschenen“ Feuerberge, sondern sie muß versuchen, die Beziehungen zu der jeweiligen Umgebung aufzudecken, d. h. sie muß auch hier wieder teilweise die Morphologie zu Hilfe nehmen.

Es genügt nicht, die einfache Anordnung der Feuerberge aufzudecken, es muß das Relief der engeren und weiteren Umgebung gewürdigt werden. Die Untersuchungsmethode muß eventuelle Gesetzmäßigkeiten herausheben, welche zwischen den Vulkanen und deren Vor- oder Hinterland bestehen. Mit Hilfe der statistischen Arbeitsweise muß sie daran gehen, die Gesetze aufzuhellen, welche die Topographie der Feuerberge auf der Erde überhaupt kennzeichnen.

Aus diesen Gründen kann sich ein Vulkankatalog, die natürliche Grundlage für eine Reihe von großen Fragen, nicht damit begnügen, nur die topographischen Signale aufzunehmen und die historischen „Ausbrüche“ zu verzeichnen, sondern er muß unbedingt die geographischen Koordinaten festzulegen trachten, die absolute und relative Höhe zu geben versuchen, kartographisch die Lage zueinander niederlegen.

Dieser Katalog läßt dann nicht nur die topographische Anomalie der Vulkanberge sofort erkennen, sondern zeigt große, tiefgehende Gesetze überhaupt.

Die Kenntnis der geographischen Koordinaten ermöglicht es, das Phänomen in seiner Verteilung auf der Erde unbekümmert um alle anderen Begleiterscheinungen zu überprüfen und zu erkennen.

Nur so ist es möglich, die großen kosmischen Gesetze über die Verteilung der Feuerberge aufzudecken und auf bislang unbeachtete ursächliche Kräfte grell hinzuleuchten.

Ein exakter Vulkankatalog sollte auch imstande sein, den Ausbruchstypus der einzelnen Feuerberge und Eruptionen angeben zu können. Das Material zu diesem Beginnen ist freilich ein so dürftiges, daß man billig davon abstehen muß.

Nur die Mißachtung dieser Arbeitsmethode konnte zu Anschauungen und Lehren führen, welche eine Gesetzmäßigkeit dieser Erscheinung in Abrede stellen[1]).

Auch dieser topographische Weg ist teilweise schon zeitlich betreten worden, aber das geringe tiefe Eingehen auf die genauere topographische Situation der einzelnen Essen hat zu falschen Schlüssen geführt und die Gesetzmäßigkeit überhaupt leugnen lassen. Nur die Mißachtung dieser Arbeitsmethode konnte dazu führen, der Meinung Ausdruck zu verleihen, daß eine weitere Förderung der „Einsicht in das Wesen des Vulkanismus nicht mehr . . . durch Betrachtungen über die geographische Verteilung der Vulkane erreicht werden kann“ [2]).

Statistische Arbeiten, welche mit Hilfe der Ausbruchschronik Wechselbeziehungen aufdecken wollen, werden aus den früher angeführten Gründen immer nur problematische Werte liefern.

Tiefer in das Wesen des Vulkanismus einzudringen ermöglicht die rein geologische Untersuchung. Sie geht von verschiedenen Gesichtspunkten aus. Naheliegend ist die noch vielfach geologisch-morphologische Beobachtung über die Art und Weise der Form der Auswurfsmassen der Feuerberge. Es ist von großem Wert, zunächst zu wissen, ob in einem bestimmten Vulkangebiete nur Lava oder nur Brockenmaterial oder beides gefördert wird. Zum anderen ist es von Bedeutung, zu erfahren, ob diese Lava schon aus äußeren Erkennungszeichen erkennen läßt, ob ihre Konsistenz die gleiche geblieben ist, ob sie dünn- oder dickflüssig war oder es im Laufe der Zeit geworden ist. Des weiteren ist wichtig zu wissen, ob die Brockenmaterialien ihrem Gefüge

[1]) Zu noch weiterer Erkenntnis wird die Lehre schreiten können, wenn es ihr möglich sein wird, nicht nur die bedeckten Areale, sondern auch die Volumina der geförderten Massen nach den Breiten- und Längenzonen festzulegen.

[2]) Klein, H. J. Kosmischer und irdischer Vulkanismus. Leipzig 1904. S. 3.

nach der Lava ähnlich sind, d. h. ob Schweißschlackengebilde den Aufbau schufen oder ob zerstäubtes eckig-rundes Material gefördert wurde.

Die verschiedenen Materialien bedingen einen verschiedenen Bau. Dadurch ist es möglich, von dem rein orographischen zu dem genetischen System übergehen zu können. Von großer Bedeutung bleibt es dabei, festzulegen, ob flüssiges und zerstäubtes Gebilde den Bau schufen, ob einheitliches oder gemischtes Material im Vordergrund steht. Ist dieses erkannt, so ist es nötig, auch für diese Momente eine festgefügte Sprache und Bezeichnung einzuführen. Die bestehende Nomenklatur versagt auch hier wieder völlig. Nur aus Lavaergüssen gebildete Feuerberge sind ebenso homogen, aber ebenso stratiert, wie solche aus bloßem Lockermaterial gleichartig und geschichtet sind.

Dieser einfache Gedankengang, auf Grund einer guten Feldbeobachtung beruhend, führt dahin, die heute herrschenden Termini „homogener“ und „Strato“-Vulkan als typische Vertreter bestimmter Vulkanbaue fallen zu lassen[1]). Ein homogener Vulkan ist nicht immer nur aus rheumatitischen Massen gefügt, sondern in ebensovielen Fällen nur aus klasmatischen. Rheumatitische Vulkane zeigen aber ebenso wie klasmatische eine vielfach einzigartig klare und deutliche Schichtung.

Auch hier muß infolgedessen die Terminologie und systematische Gliederung einsetzen, um aus dem Chaos zur Einfachheit und Ordnung zu führen.

In großen Vulkangebieten bietet sich vielfach die Möglichkeit, diese verschiedenen Massen und Formen nebeneinander zu beobachten. Die geologische Beobachtungsweise hat es in der Hand, festzulegen, ob eine Abstufung, ob eine gesetzmäßige Entwicklung in der verschiedenen Förderung und damit auch der Formen vorhanden ist.

Eine andere wichtige Erkenntnis gibt die rein geologische Betrachtung. Bei klasmatischen Produkten, welche subaërisch zur Ablagerung gelangen, treten grobe bis feinste Saigerungen ein. Je weiter vom Eruptionspunkt entfernt, um so feiner ist in der Regel das Korn. Daß die Größe des Kornes überhaupt für die Form des Berges selbst bestimmend ist, ist später zu zeigen. Eine solche Saigerung ist bei submarinen Ausbrüchen nicht vorhanden. Großes und kleines Material liegt unmittelbar neben- und durcheinander. Denn das durch die Ausbrüche auf- und durchgewühlte Wasser ist einer Siebung und Saigerung der geförderten Produkte im Wege.

[1]) Frechs Bezeichnung „Aschenvulkan“ für den üblichen Stratovulkan ist nicht richtig. Da z. B. der Versuv keineswegs nur aus Lockermaterialien gefügt ist, sondern auch zahlreiche Lavabänke besitzt.

Geologische Untersuchung lehrt ein weiteres wichtiges Moment für die Beurteilung der Erscheinung. Sie zeigt das Schwankende und Periodische. Auf diesem Arbeitswege hat die Lehre vom Vulkanismus infolge der großen Erkenntnis in der historischen Geologie weite Fortschritte gemacht. Doch entbehrt sie der Leitlinien, nach denen sie in zweifelhaften Fällen in den geologisch jüngeren Bildungen urteilen und entscheiden kann.

Ein äußerst wichtiges Gebiet der vulkanischen Förderung sind alle jene Erscheinungen, welche als „nachvulkanische Phänomene" zusammengefaßt werden. Die Untersuchung der Mofetten, Solfataren, heißen Quellen usw., kurz aller jener Erscheinungen, welche die pneumatitische Phase des Vulkanismus repräsentieren, ist äußerst wichtig und dringend. Der späteren Ausführung ist es vorbehalten, diese Entwicklungsphase zu charakterisieren. Hier aber muß darauf verwiesen sein, daß diese Erscheinungen die Physik der Eruptionen am besten illustrieren und gleichsam im kleinen wiederholen. Sie sind die Miniaturausgaben, welche genau zu verfolgen und zu kontrollieren sind. Nicht jedes Gebiet pneumatitischer Forschung wird sich dazu eignen. Je kleiner das pneumatische Ausbruchsgebiet ist, je schwächer die Ausbruchsfähigkeit, um so mehr werden sich äußere Einflüsse bemerkbar machen können. Barometerschwankungen werden sich in der Ergiebigkeit der Quelle ebenso äußern wie allzu große Niederschläge oder wie die Beeinflussung des Grundwasserstromes, sei sie eine Folge natürlichen Eingriffes (Erosion, Bergsturz usw.), sei sie durch den Menschen herbeigeführt. Daß sich die eigene Tätigkeit der Quelle den Ausgang sperren kann, wird später ausgeführt werden. Daher ist die Frage, wann man es noch mit einer ersten pneumatitischen Phase zu tun hat, eine sehr schwierige. Zurzeit sind nur für einzelne Quellengebiete brauchbare und wertvolle Einzeluntersuchungen vorhanden, insbesondere für jene, welche durch ihre besondere Heilkraft für die Menschheit nutzbringend ausgebeutet werden, aber eine zusammenfassende Behandlung, welche die gemeinsamen Züge aufdeckt und dem Wesen tiefer nachspürt, ist noch nicht tunlich. Nur soweit ist die heutige Kenntnis bereits vorgedrungen, daß der plinianische Satz „tales sunt aquae. quales sunt terrae, per quas fluunt" nur mehr noch eine bedingte Wahrheit ist.

Neben diesen Erscheinungen tut es dringend not, jene Schwankungen genau aufzuzeichnen, welche den jeweiligen Eruptionen vorausgehen, sie begleiten und ihnen eventuell folgen.

Es liegt nahe und ist durch die makroskopische Beobachtung auch festgelegt, daß diese Bewegungen mehr sukkursorischer Natur sind, und sich weniger tangential äußern. Aus einer genügend großen Auf-

zeichnungsmenge wäre man imstande, die annähernde Herdtiefe zu berechnen. Diese Beobachtungsweise, welche bereits auf der Entwicklung der Technik basiert, stellt den einzigen exakten Weg dar, diese völlig offene Frage zu einem Resultate zu führen. Von Bedeutung ist es dabei, die Verbreitung dieser „vulkanischen" Beben zu kennen und insbesondere das Verhalten dieser Wellen gegenüber dem umliegenden Gestein der jeweiligen Erdkruste. Umgekehrt ermöglichen diese Aufnahmestationen genau zu erkennen, wie sich die eigentlichen Erdbebenwellen, die tektonischen, im vulkanischen Gebiete verhalten. Damit wird vielleicht die Lösung für eine Reihe von Problemen gebracht, welche heute zwar teilweise erkannt sind, für die aber kein direktes Beweismaterial vorliegt.

Alle diese einzelnen besprochenen Wege der deskriptiven Methode sind mehr oder weniger Feldarbeiten, deren Ergebnisse vom Systematiker geordnet werden müssen.

In das Gebiet der Technik und des Laboratoriums gehören jene Arbeitsrichtungen, welche sich mit der Natur der Gesteine beschäftigen, vor allem die Petrographie, welche Karl von Zittel als „den bestbegründeten Zweig der Geologie" bezeichnete[1]). Sie hat in vielen genetischen Fragen in der Entwicklung der Geologie der früheren Zeit ebenso wie in der Gegenwart die letzte Entscheidung gebracht (Basalt, Granulit, Gneis usw.).

Ihr Fortschritt und die Grenze ihrer Erkenntnis ist ihr als einer vielfach rein technischen Forschungsart durch die Technik selbst gegeben. Von dem Mikroskop mußte sie zur chemischen Methode hinüberschreiten. Sie hat sich heute bereits zu einer vollkommenen eigenen und selbständigen Disziplin ausgewachsen. Ihre Ergebnisse gehen in den weitaus meisten Fällen weit ab von den Forderungen, welche ihr durch den Vulkanismus und die Geologie überhaupt gestellt werden. Sie war bereits daran, durch ihren völligen Abschluß vom Felde gänzlich zu erstarren und trat erst dann aus der verknöchernden Schablone heraus, als sie wieder Fühlung mit der Geologie durch Rosenbusch bekam. Sie führte in das Geheimnis der Physik des Vulkanismus ein, doch brachte sie der Lehre von diesen Erscheinungen erst dann brauchbare Materialien zu, als sie sich der Bestimmung der Schmelztemperaturen von Mineralien zuwandte und als sie die großen Gausippen aufdeckte. Sie betritt durch M. Webers Untersuchungen[2]) neue fruchtbare Wege.

---

[1]) Geschichte der Geologie und Paläontologie. Leipzig 1899. S. 747.

[2]) Weber, M. Die Petrographie der Samoainseln. Abhandl. d. math.-naturw. Kl. d. kgl. bayr. Akad. d. W. München 1909. S. 289ff.

Was die mikroskopische Petrographie unbeantwortet lassen muß, ist ihr mit Hilfe der Chemie einen Schritt weiter zu verfolgen gelungen. Aber auch ihr wohnt von vornherein ein Keim der Vernichtung inne. Es wird ihr — mangels der technischen Möglichkeit — nie gelingen, im Laboratorium jenen Prozessen auch nur annähernd nahe zu kommen, welche sie interpretieren will. Kein Laboratoriumsversuch ist imstande, die Entscheidung zu fällen über die strittige Frage der Ausdehnung oder Zusammenziehung des Magmas im Moment der Erstarrung, da ihr die wichtigsten Grundlagen dazu immer fehlen werden: Druck und Temperatur im Erdtiefen und Zeit.

Beide letztgenannten Arbeitsmethoden führen bereits nahe zu dem zweiten wichtigen Weg in der Erkenntnis zur Frage nach der Genesis.

Die Kritik der beiden letzten Methoden der deskriptiven Richtung, welche sich eigentlich am meisten mit der Physik der Erscheinung beschäftigen, zeigt, daß die genetische Richtung von vornherein vor letzten Rätseln stehen bleiben muß.

So verschieden die einzelnen Wege der deskriptiven Methode sind, so müssen sie doch miteinander ständig Fühlung halten, um zu einer annähernden Kenntnis über die letzten Dinge zu gelangen.

Diese Erkenntnis ist aber als eine rein beschreibende und klassifizierende zuletzt eine exakte Wahrheit, die sich nicht umstoßen läßt. Aber eben darum läuft sie auch bald Gefahr, gleich anderen Disziplinen einer Verknöcherung unterworfen zu sein. Denn immer hat sie es mit gleichen Werten zu tun, immer werden ihr im allgemeinen zwar gleiche, wenn auch in der Materie verschiedene Materialien zugeführt.

Die letztgenannten Methoden verfallen dagegen als reine Laboratoriumsarbeiten am leichtesten der Vereinsamung und irrigen Bahn anheim.

Fällt der deskriptiven Methode die Aufgabe zu, zu finden, aufzudecken, bearbeiten, ordnen und schlichten, so verquickt die genetische Richtung alles zu einem gemeinsamen Strom, einem Weltgebäude. Sie sucht für das deskriptive System die Erklärung und kommt daher selbst zur Aufstellung eines eigenen genetischen.

Das genetische System hat von vornherein nur den Wert des Wahrscheinlichen für sich. Jede neue deskriptive Errungenschaft kann zu neuen genetischen Anschauungen führen. Zu neuen deskriptiven Vorstellungen müssen neue genetische treten. Während somit ersterem etwas Beharrendes, Bleibendes innewohnt, unterliegt letzteres ständigen Schwankungen und gleichsam der Mode, die sich erst durchringen muß, um später selbst wieder einem anderen zu weichen. Darin liegt der Nachteil, aber zugleich auch der Fortschritt.

Liefert die erste Art der Arbeitsweise die Bausteine, bald besser, bald schlechter, je nach der Arbeitsmethode, liegen diese gleichsam auf dem Bauplatze bunt durcheinander, über- und nebeneinander, so wird durch die genetische Form erst die eigentliche Lehre und Wissenschaft des Vulkanismus. Darum beginnt die eigentliche Wissenschaft erst in dem Momente, wo sie über das primitive Sammelstadium des deskriptiven Zustandes zu dem zweiten fortgeschritteneren-genetischen übergeht. Diese baut erst das Gebäude auf.

In der Hand des Baumeisters liegt es, die Grundmauern und Grundrisse verschieden zu legen und darüber das Haus aufzuführen, und dessen Gefüge fester zu schließen und zu stilisieren. Dieselben Bausteine können zu verschiedenen Gebäuden benützt werden und das Material abgeben. Darin liegt die Erklärung für die Flucht der Versuche, die Ursache des fraglichen Phänomens aufzudecken.

Nur ganz bestimmte Grundgesetze sind es, welche den wissenschaftlichen Gebäuden zugrunde liegen und an welche sich die anderen anschließen müssen, wollen sie über eine gewisse Realität nicht hinausgehen. Und nur dort, wo die Wissenschaft überhaupt auf die letzten Fragen des Kosmos eingeht, dort müssen auch diese Grundgesetze versagen. Denn dieser Anfang liegt ganz im Dunkel.

Während die deskriptive Methode gleichsam nur von Entdeckung zu Entdeckung eilt und diese in ihrem System unterbringt, sich dabei vielfach neue Anregungen und Gesichtspunkte von der genetischen selbst wieder holt, um nicht einem starren Verknöcherungssystem zu unterliegen, geht letztere sprungweise in ihrer Entwicklung, im Kern ihrer Anschauung aber äußerst langsam.

Da nicht alle Baumaterialien, das sind alle Entdeckungen, gleichen Wert haben, vielfach erst zur Verwertung der Hand eines kundigen Meisters bedürfen, der sie zu werten und schätzen vermag, so geht die eigentliche Erkenntnis nur langsam vor sich. Sie bewegt sich gleichsam in einem Kreise, dessen Radius immer länger wird, d. h. in einer Spirale. Zu den Grundwahrheiten, welche z. B. Alex. von Humboldt, Leopold von Buch u. a. hervorragende Meister des klassischen Zeitalters der Geologie erkannt haben, sind zwar eine Reihe und Fülle neuer Erkenntnisse hinzugekommen, aber die Erklärung des Phänomens ist nicht viel weiter vorgeschritten.

Während die deskriptive Methode in der Erforschung des Phänomens in ihren einzelnen Zweigen vollkommen selbständig weiterschreiten kann, ohne gerade auf die andere Wegerichtung achten zu müssen, muß die genetische sämtliche Einzelergebnisse dieser zusammenfassen, ja, sämtliche Grenzwissenschaften mit heranziehen, so-

weit sie naturgemäß in Betracht kommen. Sie muß Rücksicht nehmen auf die Ergebnisse der Astronomie und -physik ebenso wie auf die der Physik spez. Geophysik und andere Naturwissenschaften. Tut sie dieses, so entgeht sie dem Fluch des sterilen, innerlich faulen Dogmatismus. Nichts hat der Entwicklung der Lehre vom Vulkanismus und allen anderen Wissenschaften mehr geschadet als dieser.

Jeglicher Fortschritt in einer dieser Grenzdisziplinen kann das genetische System völlig umstoßen und ein neues zur Geltung bringen. Während das deskriptive System das Beharrende, Bleibende vorstellt, in das neue Objekte nur eingefügt werden, zeigen die einander ablösenden genetischen die Entwicklung und den Fortschritt des menschlichen Wissens. Ihnen wohnt gewissermaßen ein kulturhistorisches Moment inne. Je feiner und entwickelter die verschiedenen Untersuchungsmethoden der einzelnen Hilfswissenschaften und der deskriptiven Richtung, umso detaillierter und vor allem komplizierter erscheint das genetische Problem.

Nie darf das genetische Problem die Form einer philosophisch-dogmatischen Theorie annehmen. Eine solche bietet unter allen Umständen der Wissenschaft von der Lehre nach den Ursachen nur unübersteigbare Hindernisse. Nur dort, wo die genetische Theorie nur als eine auf Grund der vorhandenen Erkenntnis und Beobachtung fußende Rastvorstellung aufgefaßt wird, die einer anderen ebenso rasch folgen kann, als sie selbst vom Platze schwindet, wird Wissen und Wissenschaft gefördert.

Jede auf guter Beobachtung fußende Theorie fördert zugleich die deskriptive Methode, die am ehesten und leichtesten zu einer Verknöcherung hinneigt. Denn ist einmal ein logisch-systematisches System aufgeführt, so gilt es nur das Neuhinzutretende richtig einzuordnen.

Eine neue Lebensäußerung kommt in das deskriptive System nur durch neue Gesichtspunkte, welche ihrerseits eben wieder nur zu neuem Bauen Veranlassung geben, ohne aber selbst der Wissenschaft als solcher neues Leben einzuhauchen. So ergibt sich eine ständige gegenseitige Wechselwirkung zwischen beiden, wobei jedoch die deskriptive Art mehr das konservative Element vorstellt.

Die deskriptiven Methoden lassen sich auf Grund der jeweiligen maßgebenden Gesichtspunkte in drei Gruppen teilen, welche kurz bezeichnet werden können als

I. die geographisch-geologische,
II. die petrographische und
III. die chemische Richtung.

Der Überblick über die Entwicklung der Erkenntnis der Lehre des Vulkanismus zeigt, welche dieser Disziplinen das meiste beigetragen hat zur Aufdeckung des Problems, er lehrt, wie weit die Wege gehen und welche Tatsachen mit ihrer Hilfe erschlossen werden können, er zeigt, daß keine der genannten Untersuchungsmethoden imstande ist, allein das Problem zur Lösung und Klärung zu bringen.

Nicht eine Kritik der bisherigen Leistungen der Vordermänner soll gegeben werden — sie wird vielfach im besonderen Teil einzusetzen haben — sondern nur das soll in großen Zügen aufgedeckt werden, was von dauerndem Werte wurde und sich heutigentages mehr oder weniger allgemeiner Anerkennung erfreut. Dieser Überblick soll zeigen, wie die Materialien beschaffen sind, auf die sich die heutigen Anschauungen stützen können, wo der Mangel an Beobachtungen und Untersuchungen vorhanden ist und wo mit neuen eingesetzt werden sollte.

I.

Nur verschwommen sind die Anschauungen über die Verteilung der Feuerberge auf der Erde vor Alex. von Humboldt. Erst dieser große Forscher hat, vielfach auf Leopold von Buch aufbauend, zum großen Teil auf Grund eigener Beobachtungen die heute noch giltigen allgemeinen Gesetze über die Verbreitung der Erscheinung festgelegt, und sein weiter Blick hat ihn auf Grund der morphologischen Eigenheiten der Vulkane die kosmische Natur der Erscheinung erkennen lassen[1]), eine Auffassung, welche erst wieder durch H. Meunier[2]), E. Reyer[3]), Tschermak[4]) und Sueß[5]) eine weitere Ausgestaltung, Begründung und Zusammenfassung erhielt.

Auf die beiden Klassiker der Geologie geht die Tatsache zurück, daß zwischen dem Grundgebirge und den Feuerbergen eine ursächliche Verbindung besteht, wenn auch der „Streit um die vulkanische Spalte“ erst später einsetzt, ohne aber an jenen Fundamenten mit Erfolg rütteln zu können. Die Opposition unter der Führung von Löwl, Geikie, Branca u. a. hat nur zur besseren Einsicht dieser Erkenntnis geführt[6]).

v. Buch und v. Humboldt kamen zur Aufstellung einer ersten genetischen Einteilung, welche heftigen Zu- und Gegenspruch auslöste. E. de Beaumont, Dufrenoy, Daubeny, Lecoq, Forbes,

[1]) Kosmos. Stuttgart-Tübingen 1845. I. Bd. S. 237.

[2]) Géologie comparé. Paris 1874.

[3]) Beiträge zur Physik der Eruptionen. Wien 1877.

[4]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. I. Abt. Wien 1877.

[5]) Ebenda. 1895.

[6]) Zu diesen Ausführungen ist zu vergleichen: Schneider, K. Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus. Prag 1908.

Abich u. a. treten auf die eine, Hamilton, Lyell, Dana, Poulett-Scrope, v. Hoff, Junghuhn, Hartung, v. Hochstetter u. a. scharen sich auf der anderen Seite.

Dieser Streit war von der größten Bedeutung für den Fortschritt der Lehre von den Erscheinungen des Vulkanismus, da durch diese Fehde eine Fülle von guten, scharfen und detaillierten Einzelbeschreibungen aus der ganzen Welt zusammengetragen wurde, auf welche heute noch der beste Verlaß ist und auf welche immer wieder zurückgegriffen werden soll und muß. Nahezu allen diesen ersten Pionieren wohnte ein großer weitzügiger Blick inne, der sich nicht von vornherein durch Doktrinen das Sehen behinderte. Alle ihre Berichte sind wertvolle Fundgruben.

Der Streit um die Natur des Basaltes, der das Jahrhundert zuvor die Gemüter beherrschte, und der Meinungskampf um die Erhebungskratere sollte eine Einsicht für die Gegenwart und Zukunft bringen: jede neue Anschauung, welcher Art immer sie ist, sofern sie auf fester Grundlage, auf Beobachtung und konstruktivem Denken und Arbeiten entstanden ist, zuerst genau zu prüfen, ehe man sie a limine abweist. Jede neue Anschauung ist ein genetischer Prozeß, und dieser ist am letzten zur Stagnation berufen.

Der Streit um die Genesis der Vulkane ist bis zum heutigen Tage und wohl nie als beendet anzusehen, obwohl man heutigentages wesentlichere Fortschritte diesbezüglich zu verzeichnen hat, wenn auch die Wahrheit noch fern steht.

Dadurch daß Dana und K. v. Seebach[1]) die „typische Verschiedenheit im Bau der Vulkane" erkannt haben, E. Reyer[2]) auf Grund der Vorkommnisse in Böhmen die „Quellkuppe" festlegte, ist nicht nur der erste Anfang zu einem deskriptiven, sondern auch zu einem genetischen System und damit zur Grundlage des Fortschrittes und der Erkenntnis überhaupt gegeben worden.

Auf Reyers Untersuchungen geht die Lehre von den „monogenen" und „polygenen" Vulkanbergen zurück. Das Material, das zur Aufstellung dieser Doktrin diente, ist ein zu geringes und einseitiges gewesen, als daß es genügen konnte, um ohne weiteres verallgemeinernd übernommen zu werden. Daher stehen sich Stübel, Großer, v. Knebel, Reiß, Sapper u. a. in den Anschauungen vielfach schroff gegenüber, obwohl heutigentages durch neueste Beobachtung die Möglichkeit gezeigt ist, daß monogene Baue möglich sind. Aber diese schaffen andere Formen, als diese Lehre sie forderte und zeigte.

[1]) Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. Berlin 1866. S. 643ff.

[2]) Über die Tektonik der Vulkane von Böhmen. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1879. S. 463ff.

Durch Stübel ist die Morphologie in die Vulkanlehre eingeführt worden, ohne aber besondere Nachfolger zu finden. Stübel hat die deskriptive Richtung ausbauen wollen, ließ aber zu früh das genetische Moment einspringen, wodurch in seiner Lehre eine Trübung entstand. Auch ist Stübel nur zu wenigen Gebieten in seiner Einteilung gerecht geworden, wenn auch eine Reihe von späteren Forschern seine Anschauungen in die Natur hineintrugen und so neue Fundamente zu bringen versuchten. Seit Stübel, diesem hervorragenden Vulkanologen, ist nur noch ein Name bekannt, der auf die Notwendigkeit der Erkenntnis der Vulkanbaue hinweist, „denn diese bildet in Verbindung mit den Beobachtungen bei den Vulkanausbrüchen die Unterlage für die Ergründung des geheimnisvollen Treibens Hephaistos“ [1]).

Aber trotz all der verschiedenen Anläufe ermangelt die Wissenschaft doch noch immer eines auf systematischem Wege aufgebauten deskriptiven und auf diesem fußenden genetischen Systems. Ehe dieses nicht vorhanden ist, wird sich die ganze Disziplin nie über ein Anfangsstadium hinweghelfen können. Diese morphologische Methode darf nicht nur bei den Großformen vulkanischer Bildungen stehen bleiben, ihre Beobachtung muß, wie ehedem, selbst auf die Struktur und das Aussehen der rezenten und historischen rheumatitischen und klasmatischen Bildungen Bedacht nehmen. Die klasmatischen Produkte, auf welche seltsamerweise fast nirgends das Augenmerk gewendet wird, müssen und dürfen nicht mehr nur gerade noch Erwähnung finden. Das Wechselverhältnis beider, das Auftreten pneumatitischer Bildungen verlangt systematische Untersuchung. Sie kann die nötigen Desiderata schaffen und die erforderliche Gruppierung ermöglichen.

Die Morphologie der Vulkanberge lehrt einen verschiedenen Reichtum der Formen der vulkanischen Baue.

Der verschiedene Formenreichtum, die verschiedenen geförderten Materialien haben zur Aufstellung der Phasenlehre geführt [2]), welche

---

[1]) Großer, P. Geologische Betrachtungen auf vulkanischen Inseln. Sitzungsber. d. niederrheinischen Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde. Bonn. 56. Jg. S. 68.

[2]) Diese Lehre wurde von mir zum ersten Male formuliert in der kleinen Abhandlung „Vulkanologische Studien auf Island, Böhmen, Italien“. Sitzungsber. d. d. naturw.-med. Vereines f. Böhmen „Lotos“, 1906, No. 7/8. — „Beiträge zur physikalischen Geographie Islands“. P. M. 1907. H. 8. — Weitere Stärkung fand sie in dem Bericht „Aus dem Vulkangebiet des Puy de Dôme“. Lotos 1907, S. 152f. und „Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus“. Prag 1908. — H. Haas hat in seinem kleinen Büchlein „Vulkanische Gewalten“, Leipzig 1909, S. 137, dgl. „Unterirdische Gluten“ Berlin 1910, S. 313, die Bedeutung dieser Tatsachen für die Entwicklung des Kosmos richtig gewertet, während

neben Anhängern wie H. Haas auch schroffe Gegner hat, während andere die zuwartende Stellung einnehmen.

Am wenigsten fruchtbar erwiesen sich nach den bisherigen Erfahrungen die Arbeiten, welche auf Grund statistisch-historischer Erwägungen durchgeführt wurden. Die Ursache dafür liegt darin, daß der Gesichtspunkt, von dem aus an das Problem herangetreten wurde, ein schlechter und, daß das Material, auf welches man sich stützte, ein viel zu geringes ist. Daher konnten Arbeiten Kluges[1]) und anderer nicht die Bedeutung erhalten, die ihnen vielleicht innewohnt. Statistische Arbeiten, welche auf der so äußerst lückenhaften und ungenauen Ausbruchsstatistik fußen und welche überhaupt erst den Beginn einer Eruption vom Austritt der Lava abhängig machen, können zu keinen weittragenden Schlüssen führen. Die statistischen Arbeiten dürfen zunächst über die Untersuchung der Zahl der Essen und deren Verhältnis zu den einzelnen Zonen auf der Erde, sei es die Breite oder Länge, nicht hinausgehen. Die Chronik der bekannten Ausbrüche ist zu lückenhaft und überhaupt viel zu kurz bezüglich der Zeit, als daß sie zu geologisch verwertbaren Tatsachen führen könnte. Darin liegt die Ursache für die große Verschiedenheit der Zahl, welche „tätige" Vulkane inbegreift. Sie schwankt zwischen 187 und 415 und ist nicht immer durch unvollständige Wertung der vorhandenen Quellen verursacht[2]).

Die kurze Beobachtungsreihe der Ausbrüche mit kosmischen Prozessen in Zusammenhang zu bringen, dürfte unter allen Umständen als verfrüht anzusehen sein, obwohl es als nicht ausgeschlossen betrachtet werden kann, daß Wechselbeziehungen möglicherweise vorhanden sind.

Die zahlreichen stratigraphisch-geologischen Untersuchungen haben bereits die eine reife Erkenntnis gebracht, daß die vulkanischen Kraftäußerungen periodisch auftreten und daß zum anderen das Ausbruchsgebiet im Laufe der Zeit und Entwicklung ein verschiedenes ist. Sie zeigen, daß sie stets in einem engeren Zusammenhange mit der Gebirgsbildung stehen und daß sie eigentlich doch „nur Nebenerscheinungen in jenen großen Vorgängen (sind), durch welche

---

Spethmann bei ihrer Besprechung stolpert. (Spethmann, H. Der Aufbau der Insel Island. Zentralbl. f. Min. Geol. 1909. No. 20/21, vgl. Schneider, K. Einige Bemerkungen zu Herrn H. Spethmanns Aufsatz „Der Aufbau Islands" ebenda 1910. No. 2.) K. Sapper hat in diversen Besprechungen seine reservierte Stellung nicht verlassen.

[1]) Kluge. Über Periodizität vulkanischer Ausbrüche. Jahrb. f. Min. 1862. S. 582f. — Über Synchronismus und Antagonismus von vulkanischen Eruptionen. Leipzig 1863.

[2]) Schneider, K. Über neue geotektonische Untersuchungen. Gaea. Jg. 1909. S. 565.

die Oberfläche der Erde sich ausgestaltet“, wie E. Sueß scharf betont hat[1]).

Leider sind jene Untersuchungen spärlich, die sich mit den vulkanischen Bildungen der früheren Erdepochen beschäftigen. Nur soviel ist allem Anscheine sicher, daß die Erde von dem Augenblicke an, von dem man von einer Geschichte, d. i. seit dem Paläozoikum, sprechen kann, nur zweimal von einer großen Eruptionszeit heimgesucht worden ist. Zum ersten Male im Paläozoikum, das seine höchste Entfaltung mit Ende des Karbons und Beginn des Perm sah, und von da an bis zur Mitte des Mesozoikums ständig abflaute, zum zweiten Male im Tertiär, dessen Kraftäußerungen heutigentages ausklingen.

Der heutige Vulkanismus ist nichts anderes, als die natürliche Fortsetzung dieser Zeit. Zwischen beiden Perioden liegt eine weite Spanne, in der der Vulkanismus als jene Erscheinung, bei welcher juvenile Massen in oder auf die Erdkruste gelangen, verschwunden oder zum wenigsten stark in den Hintergrund getreten ist.

Sind die Bildungen Südafrikas noch als letzter Nachklang der ersten Periode anzusehen, so sind die granitischen Bildungen Japans und des indosinischen Inselbogens, welche der Kreide angehören, als erstes Neuerwachen der kommenden Periode aufzufassen.

Dieses seltsame Ausschalten des Phänomens im Mesozoikum, das zugleich mit einem geringen Gebirgsbildungsprozeß auf der Erde zusammenfällt, sollte bei Deutungsversuchen nie außer Auge gelassen werden.

Unter allen Umständen sollten aber die Untersuchungen über den antiken Vulkanismus reichlicher einsetzen, damit A. Geikies Werk über Großbritannien[2]), Basedows Ansätze für Australien[3]), Chamberlin-Salisburys Darstellung für Nordamerika[4]) nicht allein bleiben. Hierbei dürfen aber die geologisch-historischen Beobachtungen nicht zugunsten petrographischer Untersuchungen zurückbleiben.

Allein auch über den neueren und neuesten Vulkanismus sollten die Untersuchungen lebhafter sein.

Da insbesondere die dauernden Werke dieser unterirdisch-kosmischen Kraft den exogenen Kräften noch nicht soweit zum Opfer gefallen sind wie die antiken Baue, da man aus ihren angewitterten Ruinen immer noch mehr oder weniger deutlich den ehemaligen Bau und Zusammen-

[1]) Das Antlitz der Erde. Bd. I. S. 776.

[2]) Ancient volcanoes of Great Britain. London 1897.

[3]) Beiträge zur Kenntnis der Geologie Australiens. Z. d. d. geol. Ges. Berlin Jg. 1909. Bd. 61. S. 306ff.

[4]) Geology Bd. II, III. Newyork 1906.

hang feststellen kann, so müssen und dürfen ihnen die morphologischen Beobachter nicht aus dem Wege gehen. Denn „trotz aller . . . morphologischen Umgestaltungen werden die vulkanischen Schöpfungen der meisten Gegenden ihre ursprüngliche Gestalt sich gewahrt haben, so daß (sich) aus den Formen, die sie heutigentages besitzen, noch mit großer Sicherheit die Grenzen bestimmen (lassen), innerhalb deren die Veränderungen liegen, die sich an ihnen vollzogen haben“ [1]). Sie werden gemeinsam mit den geologischen und petrographischen Untersuchungen weiter führen als die oftmals rein petrographisch vielfach systemlos durchgeführten Gesteinsbestimmungen großer oder kleiner Territorien.

Erst diese Arbeiten bieten brauchbare Bausteine für eine vergleichende so äußerst notwendige konstruktive zusammenfassende Darstellung. Ihr Mangel schafft das Uferlose, in dem sich zurzeit die Fragen und Forschungen auf dem Gesamtgebiete der Lehre vom Vulkanismus bewegen.

Hat die geographisch-topographische Methode schon seit v. Humboldts Tagen die Tatsache erkennen lassen, daß die rezenten Vulkane in bestimmten Gruppen und Reihen auftreten, läßt die statistisch-topographische Untersuchung das Gesetz festlegen, daß bestimmte Zonen des Erdballes ganz besonders für diese Baue geeignet erscheinen, läßt die morphologisch-geologische Arbeit in den einzelnen Gebieten ein Abflauen der Tätigkeit und einen damit Hand in Hand gehenden Unterschied in den Formen erkennen, wird durch die Untersuchung der geographische und der genetische Zyklus aufgedeckt, so erscheint es dringend nötig, die gleichen und ähnlichen Gesetze in den antiken Bauen und Bildungen aufzudecken, um so einmal eine eventuelle allgemeine Verschiebung des Phänomens festzustellen und zum anderen eine solche in jedem einzelnen für sich bestehenden Gebiete. Dann erst lassen sich endgültig die Entwicklungsstadien und -phasen in wenigen dauernden und bleibenden Gesetzen festlegen. Mit ihrer Festlegung fallen Vorstellungen über das Wesen und die Ursachen der Erscheinung und erhalten andere ihre wesentlich festeren Stützen. Insbesondere ist durch diese Untersuchungen der Frage beizukommen, inwieweit ein Zusammenhang zwischen Gebirgsbildung und Vulkanismus besteht, eine Anschauung, welche mit den schon wiederholt genannten Namen v. Humboldt und v. Buch in Verbindung steht und die heutigentages von vielen Forschern in Abrede gestellt wird.

Beide Phänomene stehen allerdings in einem Gegensatz in ihrer Erscheinungsform. Denn während die Gebirgsbildung in ihrer Gesamt-

---

[1]) Stübel, A. Über die genetische Verschiedenheit vulkanischer Berge. Leipzig 1903. S. 5.

heit als tangentiale Äußerung aufzufassen ist, ist der Vulkanismus eine echt zentrifugale. Darauf hat mit besonderem Nachdrucke schon Rothpletz[1]) hingewiesen, ohne daß aber dieser fundamentale Unterschied Beachtung und Würdigung gefunden hätte.

II.

Alle diese bisher gewonnenen Erkenntnisse an sich werden durch die Petrographie wesentlich vertieft. Sie führt mit Hilfe der Technik des Mikroskopes in die Geheimnisse der Tiefe. Sie löst zahlreiche Schleier von dem Dunkel, das die Physik des Vulkanismus umgibt. Es ist hier nicht der Ort, eine Geschichte der Petrographie zu geben, zumal zur guten Orientierung auf K. v. Zittels „Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts" verwiesen werden kann.

Während die Geologie von allen petrographischen Untersuchungen Vorteile einheimsen konnte, trat die Petrographie erst dann wieder auf fruchtbares Gebiet über, als sie mit der Geologie innigere Fühlung nahm. Nachdem sie den Streit über die Entstehung des Basaltes geschlichtet, steht sie heute vor dem Treffen bezüglich der Genesis der kristallinen Gesteine. Der Sieg scheint sich hier dem Neoplutonismus völlig zuzuneigen.

Aber aus all den zahlreichen Arbeiten bedeuten für den Fortschritt und die Erkenntnis des behandelten Theorems die das meiste, welche sich mit der Festlegung der „petrographischen Provinzen" beschäftigen.

Becke[2]) und Prior[3]) sind es, welche unabhängig voneinander gleichzeitig die wichtige Tatsache festlegen konnten, daß dort, „wo jungvulkanische Gesteine längs junger gefalteter Kettengebirge auftreten, sie der andesitischen (pazifischen) Gaureihe angehören, dagegen aber dort, wo vulkanische Produkte längs Schollenbrüchen auftreten, sie der tephritischen (atlantischen) Sippe zugehören."

Läßt sich dieser Satz auch nicht in dieser Schärfe zur Gänze aufrecht erhalten[4]), so beinhaltet diese Erkenntnis tiefe Aufschlüsse über das Wesen dieser Erscheinung. Sie weist auf den Zusammenhang hin,

---

[1]) Sitzungsber. d. math.-phys. Kl. d. kgl. Akad. d. Wissensch. zu München. Jg. 1902. S. 311 ff.

[2]) Becke, F. Die Eruptivgesteine des böhmischen Mittelgebirges und der amerikanischen Andes. Atlantische und pazifische Sippe der Eruptivgesteine. Tschermaks min. u. petrogr. Mitt. 22. Bd. Jg. 1903. S. 209 ff.

[3]) Prior. Contributions to the petrology of British East Afrika. Min. Mag. XIII. Jg. 1903. S. 228 ff.

[4]) Löwl, F. Lehrbuch der Geologie. Leipzig 1906. S. 229.

der zwischen der geförderten Masse und der Gebirgsbildung besteht. Sie deckt die Tatsache auf, daß durch Brüche und allgemeine vertikale Schollenbewegungen das Erdtiefe mehr tangiert wird als durch die Faltenbewegungen. Bei ersteren werden die schwereren tieferen Massen noch betroffen, bei letzteren nur die leichteren mehr oberflächlich zu suchenden. Der tiefgehende Unterschied zwischen der pazifischen und atlantischen Erdhälfte, der sich schon äußerlich dokumentiert, erfährt einen weiteren Gegensatz.

Es dünkt, daß es notwendig wäre, dieses Gesetz auf seine Brauchbarkeit auch für den antiken Vulkanismus nachzuprüfen. Besteht ein solcher Gegensatz zwischen Ost und West von allem Beginnen oder ist eine Verschiebung seit dem Paläozoikum nachweisbar? Es würde damit die Erklärung gebracht, daß beide Sippen auch vergesellschaftet angetroffen werden, wobei sich aber dann die weitere Tatsache festlegen läßt, daß sich im Auftreten des einen Typus gegenüber dem anderen zeitliche Unterschiede finden. Denn „der Begriff der petrographischen Provinz ist . . . . . ein der Zeit nach wechselnder und veränderlicher. Führt eine Gegend nur Gesteine der einen Gruppe, so spricht das wohl dafür, daß die Eruption innerhalb relativ kurzer Zeit ihren Abschluß erreichte“ [1]), wie Weber vor kurzem ausführte.

Die Perspektive, die sich für das Problem des Vulkanismus dadurch ergibt, ist eine große. Der große Streit über die monogenen Berge hat eine Stütze gewonnen, aber ebenso auch verloren. Wo der Berg aus einheitlicher Masse aufgeführt ist, dort ist, sofern alle anderen Forderungen und Bedingungen gegeben sind, seine kurzfristige Entstehungszeit bestätigt, wo nicht, verlangt die Wissenschaft eine Korrektur der Anschauung.

Noch etwas hat gerade Becke-Priors und Webers Untersuchung gezeitigt. Ersterer hat schon seinerzeit darauf hingewiesen, daß zwischen beiden Gausippen eine verschiedene Art der Ausbruchsform besteht. Er zeigte, daß die pazifische Sippe mehr den Explosionsausbrüchen zuneigt. Der geologische Befund läßt erkennen, daß auf rheumatitische Ausbrüche solche klasmatischer Natur folgen. Weber gibt die Erklärung und A. Brun, von dessen Untersuchungen bald zu sprechen sein wird, die chemische. Damit ist der Ring geschlossen. Die verschiedenen Wege führten zu dem gleichen Ziele.

Daher verdienten Webers Untersuchungen weitere Fortsetzung und Nachahmung. Sie dürften für die Vulkanologie fruchtbarere Ergebnisse bringen als jene, welche heute im Vordergrunde des Interesses

---

[1]) Weber, M. Zur Petrographie der Samoa-Inseln. Abhandl. d. math.-physik. Kl. d. kgl. bayr. Akad. d. Wissensch. München 1909. Bd. 24. S. 289ff.

stehen, die allerdings für die Physik der Erscheinung von großem Werte sind, aber infolge der reinen Laboratoriumsarbeit nie an die Natur heranreichen werden und daher keine Entscheidung bringen können.

Es ist dies die Frage der Ausdehnung des Magmas im Momente des Erstarrens. Diese Hypothese hat als erster Fr. Naumann aufgestellt[1]). Zunächst wurde sie zwar wenig beachtet. Erst durch seinen Schüler A. Stübel fand sie allgemeinere Verbreitung und Interesse, obwohl sich gegen Naumann schon Reyer[2]) wandte. Heutigentages stehen sich die Parteien schroff gegenüber und der Umstand, daß die jeweiligen Untersucher zu den gerade entgegengesetzten Ergebnissen gelangen, läßt den Wert der Laboratoriumsarbeiten in dieser Frage doch recht zweifelhaft erscheinen. Es herrschen eben „in dem großen Laboratorium der Natur Bedingungen, die wir künstlich nicht herstellen können"[3]). Mitten in diesem Meinungskampf stehend läßt sich ein positives Ergebnis heute noch nicht absehen[4]).

---

[1]) Naumann, Fr. Lehrbuch der Geognosie. Leipzig 1850. I. Bd. S. 270 f.

[2]) Beitrag zur Physik der Eruptionen und Eruptivgesteine. Wien 1877.

[3]) Sapper, K. Einige Bemerkungen zu K. Schneiders Schrift „Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus". Zentralbl. f. Min. usw. Jg. 1908. S. 527.

[4]) Gegen eine Volumvergrößerung trat als erster in neuerer Zeit der amerikanische Physiker Barus auf (Bull. U. St. geol. Survey, Nr. 203. 1893). Ihm zur Seite trat Doelter (Petrogenesis Braunschweig 1906 u. a. a. O.). Tamanns Versuche (Kristallisieren und Schmelzen. Leipzig 1903) sind für das gestellte Problem nicht verwertbar wie H. Thiene hervorhob (Temperatur und Zustand des Erdinnern. Jena 1907 S. 81). Fleischers Untersuchungen an geschmolzenem Basalte (Monatsber. 12 d. d. geol. Gesellsch. Berlin 1907, S. 217 f) mußten sich die ablehnende Kritik Doelters (ebenda 1908 S. 431) gefallen lassen. Die Mittelstellung Wolfs (Über das physikalische Verhalten der vulk. Massen. Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. Berlin 1906 S. 1857 f) hat keine allzugroße Aufnahme gefunden. Aus allem ist nicht das Ende abzusehen. A. Stübel selbst soll sich nach Sapper (Einige Bemerkungen . . . . . Zentralbl. f. Min. usw. 1908 S. 527) dahin geäußert haben, „daß keinerlei Laboratoriumsversuche eine endgültige Lösung der Frage nach der Ausdehnung des Magmas beim Erstarren herbeiführen könnten, weil der Gasgehalt, wie er im natürlichen Magma vorhanden ist, weder in der richtigen Zusammensetzung noch in der richtigen Menge der Versuchssubstanz einverleibt werden könnte." Damit hat Stübel am treffendsten die Arbeiten, welche sich in dieser Richtung bewegen, gekennzeichnet. Es kommen immer nur Analogieschlüsse hervor, „aber auch die scharfsinnigsten Analogieschlüsse können noch keine Sicherheit gewähren". Auf den einfachen Glauben kann man sich aber nicht einlassen. Daraus aber ergibt sich, daß über diese unterirdischen Vorgänge wohl nie eine Klarheit hervorgehen wird, daß man hier immer auf ein „Vermuten und Meinen" angewiesen sein wird, wie Al. v. Humboldt ausgesprochen hat (Kosmos I S. 248). Hier werden sich am meisten und raschesten die Rastvorstellungen ablösen, welche vom „gemeinsamen" Herde zu „peripherischen Herden" übergingen, um wieder zu ersterem zurückzukehren. Die Zeit dürfte nicht ferne sein, wo man diese peripherischen Magmanester als einen geistreichen Irrtum ansehen wird, der zu fruchtbaren Ideengängen geführt hat, welcher die Erkenntnis im allgemeinen förderte, der das Problem selbst aber nur verwickelter werden ließ und vor allem allzuviel Dogmatisches mit sich brachte und ihm anhaften ließ.

Durch die Untersuchungen in dieser Richtung wird eine andere theoretisch sehr wichtige Frage einem Näherungswerte zugeführt. Es ist die Frage nach der Tiefe, aus welcher die juvenilen Massen in oder auf die Erdkruste gelangen.

Es wurde schon oben darauf hingewiesen, daß die Bestimmung der Herdtiefe am exaktesten mit Hilfe geeignet aufgestellter Erdbebenapparate erfolgen kann. Nur diese Methode wird letzte exakte Materialien zur Aufstellung dieser äußerst wichtigen Frage erbringen können. Aber einen Näherungswert kann der Laboratoriumsversuch auch erbringen. Doch bleibt er immer nur Näherungswert, der innerhalb großer Fehlergrenzen zu liegen kommt.

Die auf de Lorenzo und Sabatini basierende Methode, aus äußeren Dingen die Tiefe zu erschließen, aus der Größe des Berges auf die Tiefe zu schließen, ergibt sich als unrichtig und falsch. Berge von annähernd gleicher relativer Höhe und Größe müßten infolge ihrer absoluten Größenunterschiede aus verschiedenen Teufen die Massen emporsteigen lassen. Kleine Gebilde lägen mit ihren Wurzeln nahe der Erdoberfläche, kaum mehr als 1 km (Mt. nuovo). Aus welcher Teufe aber z. B. jene klasmatischen Ausbrüche stammen, welche mitten in der Kruste stecken blieben, läßt sich so überhaupt auch nicht einmal annähernd werten. Daß die gleiche Ursprungstiefe durch verschiedene Mengen ausgestoßenen Materiales verschieden große Gebilde auf der Erdkruste oder auch in ihr bilden kann, ist und kann durch nichts widerlegt werden und zeigt am besten die geringe Stichhaltigkeit der Behauptungen der italienischen Forscher.

Scheinbar mit Erfolg versuchen hier die Schmelzpunktuntersuchungen Klarheit zu bringen. Aus den Messungen der Temperatur der Laven bei ihrem Austritt läßt sich zunächst annehmen, daß auch in der unbekannten Teufe keine allzugroße höhere Wärmemenge vorhanden ist. Schwanken die Temperaturen der Laven am Vesuv zwischen 1000 und 1070°, so stimmt dies mit dem Schmelzpunkt der erstarrten Lava überein. Nun schmelzen aber die in den Vesuvlaven eingesprengten Leuzite und Olivine bei 1330 und 1370°, d. h. also, sie müssen sich aus einem Magma unterhalb dieser Temperatur ausgeschieden haben, wenn man vom Druck zunächst Abstand nimmt. Nun erhöhen aber Körper, welche sich beim Schmelzen ausdehnen, unter Druck ihren Schmelzpunkt, so daß eine Temperaturerhöhung vorgenommen werden muß, die auf 1400 bis 1500° anzuschlagen ist. Der Wert, um den dieser Schmelzpunkt mit zunehmendem Drucke steigt, ist dabei keineswegs konstant. Er nimmt mit wachsendem Druck ab, um schließlich bei einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur gleich Null zu werden. Man ist beim maximalen Schmelzpunkt angelangt. Freilich mangeln auch

hier wieder für das Magma selbst alle weiteren Anhaltspunkte, wann der maximale Schmelzpunkt erreicht ist. Die Tiefe aber, bei welcher er erreicht wird, kann „zwischen 150—300 km schwanken, es dürfte aber erstere Zahl eher der Wahrheit nahe kommen. Demnach kann die Erdrinde bis 100 km fest sein, aber bei 300 km höchstens muß Schmelzung eintreten“[1]).

Genaue Ergebnisse über die Herdtiefe werden zum dritten durch Pendelbeobachtungen bei den Vulkanen gewonnen werden. Bis aber Erdbebenapparate und Pendelbeobachtungen einsetzen, müssen die petrographisch-chemischen Laboratoriumsversuche den Ersatz geben. Daß man trotz der Spannungsweite von 150 km mit ihrer Hilfe zu einem gewissen Resultat gekommen ist, zeigt der Umstand, daß diese oben angeführte Zahl zu einem Wert führt, der, von anderer Seite zu anderen Zwecken durchgeführt, erkennen läßt, daß tatsächlich bei 100 km eine Änderung des physischen Verhaltens der Erde festzulegen ist[2]).

III.

Einen tiefen Einblick in das Wesen und die Physik des Vulkanismus lassen A. Bruns Arbeiten[3]) zu. Ja, sie scheinen überhaupt danach angetan zu sein, viele der Vorstellungen völlig fallen lassen zu müssen, welche trotz schwerwiegender Einwürfe und Entgegnungen bislang nicht zum Wanken zu bringen sind.

Seine Untersuchungen gruppieren sich einmal nach der Festlegung der Temperaturverhältnisse des Magmas beim Austritte, zum andern

[1]) Doelter C. Petrogenesis. Braunschweig 1906. S. 3.

[2]) So hat die Coast and geodetic Survey der Ver. St. von N.-A. die Tiefe der Ausgleichsfläche (Kompensationstiefe) aus den Lotabweichungen in ihrem Staatsgebiete mit 114 km berechnet (Hayford John: The figure of the Earth and Isostasy from measurements in the United States. Washington 1909), eine Zahl, die später auf 122 km korrigiert wurde und mit Helmerts Rechnungen nahezu zur Gänze übereinstimmt: 124 km (Sitz. d. kgl. preuß. Akademie d. Wissensch. Berlin 1909, S. 1191f). In der Nachbarschaft dieser Tiefen werden auch die Zahlen gefunden, welche für den Ursprung der Erdbeben berechnet wurden (Schneider, K.: Zur Geschichte . . . S. 83). Zu größeren Werten als de Lorenzo gelangte, kommt man, wenn man, die Druckverhältnisse außer acht lassend, die mittlere geothermische Tiefenstufe zu Hilfe nimmt. Sie gibt als obersten Grenzwert 36,6—39 bezw. 47,6 km. Durch den Druck wird diese Zahl wesentlich erhöht.

[3]) Quelques recherches sur le volcanisme. Archives d. Sciences physiques et naturelles. Genf 1905, 1906, 1908. — Le volcanisme. Le Globe. 1907. — Eine gute Zusammenfassung gab P. Großer: Albert Bruns Untersuchungen auf vulkan-chemischem Gebiet. Himmel und Erde. Bd. XX, Jg. 1908, 502ff. Desgl. Jahrb. d. Astronomie u. Geophysik. XX. Jg. S. 288ff.

nach den vulkanischen Gasen und ihrer Bildung, zum letzten nach der künstlichen Synthese der vulkanischen Gase. Als die wichtigste Erkenntnis dieser Laboratoriums- und Feldbeobachtungen ist die hervorzuheben, daß der Wasserdampf bei den vulkanischen Ausbrüchen überhaupt gar keine Rolle spielt, sondern vielmehr überhaupt gänzlich fehlt.

Als Mitteltemperatur der Lava, bei welcher sie hervorquillt, wird 1100° angegeben. Die gleiche Temperaturstufe erreichen auch die klasmatischen Produkte. Diese niedrigen Temperaturen geben ein Mittel an die Hand, einen Ausbruch als bevorstehend mutmaßen zu können. Da nämlich NaCl und KCl bereits bei 825 bis 876° in Dampfform übergehen, Obsidian bei 874° bereits unter 15—20facher Volumvermehrung unter reichlicher Entbindung von Salzsäure zur Explosion kommen kann, so können plötzlich auftretende reichliche Chloriddämpfe als Vorboten eines Ausbruches angesehen werden. Zum mindesten aber sind sie Beweis, daß man einen solchen Feuerberg noch nicht zu den erloschenen zählen kann.

Die Gase, welche bei Ausbrüchen gefördert werden, sind nicht in den Laven eingeschlossen, sondern werden erst während des Ausbruches durch chemische Umschmelzungen geschaffen. Das Zerspringen von Bomben in der Luft, die Durchtränkung der frischen Auswürflinge mit Gasblasen, die Anordnung der Poren in einem Lavastrom lassen dies in der Natur erkennen. Die Laboratoriumsversuche zeigen, daß nahezu alle Laven selbst bei wiederholtem Einschmelzen immer wieder Gase abgeben. Am schärfsten kommt dies beim Obsidian zum Ausdrucke, der sich bei der vulkanischen Temperatur unter 12—15facher Volumvermehrung aufbläht und in Bimsstein übergeht.

Dieses interessante Ergebnis deutet darauf hin und gibt auch die Erklärung dafür, daß gerade jene Ausbrüche, welche Bimssteine und Obsidian liefern, sich durch besonders heftige Explosionsausbrüche kennzeichnen. Damit hat A. Brun die Erklärung für diese Erscheinung gegeben, auf welche schon Becke hingewiesen hat. Explosionsausbrüche schaffen bestimmte Formen, diese lassen sich in den überwiegend meisten Fällen als jüngste Bildung festlegen und finden sich überdies als die häufigste Form vulkanischer Baue der jüngsten Geschichte der Erde. Explosionsausbrüche sind aber durch einen völligen Mangel rheumatitischer Bildungen ausgezeichnet, rheumatitische Ergüsse selbst sind für die Gegenwart nicht als die hervortretenden Eigenschaften vulkanischer Gebilde überhaupt aufzufassen. Sie treten vielmehr, wie der geologische Befund und die selbst nur jüngste Ausbruchschronik erkennen läßt, gegenüber den klasmatischen Förderungen in den Hintergrund.

Die Untersuchungen Bruns nach der Natur der Gase und ihrer gegenseitigen Einwirkung, nach der Explosionskraft, welche durch die Gasentwickelung zustande kommt, lassen gewiß weite Schlüsse zu.

Durch sie sind aber nur Erklärungsversuche für die allerdings in der Gegenwart im Vordergrund stehende Explosionsform gegeben, keineswegs für die früher und auch heute noch nicht völlig verschwundene Lavaförderung.

Die weitaus größte Bedeutung der Brunschen Untersuchungen kommt jenen zu, welche sich über das Vorhandensein bezw. Fehlen des Wassers bei vulkanischen Ausbrüchen auslassen. Von jeher galt es gleichsam als Dogma, daß die Nähe des Meeres oder überhaupt großer Wässer ausschlaggebend für die Tätigkeit eines Vulkans sei, obwohl sich schon A. v. Humboldt dagegen ausgesprochen hatte[1]), Poulett-Scrope dagegen Stellung nahm[2]), insbesondere aber Tschermak[3]) in seiner klassischen Abhandlung in voller Schärfe die Unzulänglichkeit und Unzulässigkeit dieser Anschauungen klar gelegt hat und ein Blick auf den wasserlosen aber vulkanreichen Mond genügen könnte, um die Haltlosigkeit dieses Dogmas zu illustrieren.

Bruns Beobachtungen an pneumatitischen Ausbrüchen am Pico de Teyde oder am Timanfaya u. a. zeigten, daß kein Wasser gefördert wird, daß der Wassergehalt der wasserhaltigen Fumarolen vom atmosphärischen Niederschlag abhängig ist. Aber auch die physikalischen Eigenschaften der Aschen weisen auf den Wassermangel hin. Der Gehalt der frischen Aschen an Chloriden, die graue Farbe der frisch fallenden Asche u. a. m. läßt den gleichen Schluß zu. Kurz, er fand, „daß die Gegenwart des Wassers überflüssig bei den vulkanischen Explosionen, überflüssig bei der Kristallisation, überflüssig überhaupt bei der Hervorbringung der Ausbruchserscheinungen ist.“ Die bei den Vulkanexplosionen wirksamen Gase entstehen durch Zersetzung aus Gaserzeugern, die in der Lava enthalten sind und zwar als Stickstoff-, Kohlenwasserstoff- und Kieselchlorverbindungen. Die Entwickelungstemperatur der Gase fällt mit der Schmelztemperatur der Lavagläser zusammen und die vulkanischen Reaktionen gehen ganz so vor sich, als wenn sie in so gut wie wasserfreien Verhältnissen erfolgen[4]).

Alle diese Beobachtungen und Untersuchungen zeigen, wie weit die Wissenschaft noch von der Frage fern steht, welches die eigent-

---

[1]) Kosmos I, S. 255.

[2]) Über Vulkane. Deutsch v. Klöden. 2. Aufl. Berlin 1872, S. 270.

[3]) Tschermak, G. Der Vulkanismus als kosmische Erscheinung. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. Math.-Naturw. Abt. Wien 1877.

[4]) Sapper, K. Bemerkungen über einige javanische Vulkane und über A. Bruns Untersuchungen derselben. Zentralbl. f. M. Jg. 1909. S. 609ff.

lichen Ursachen des Phänomens sind, denn auch diese letzten Ergebnisse verschieben nur wieder die Frage nach ihr. Wie schon P. Großer hervorgehoben hat, tritt das Theorem durch sie in jene Phase, wo wieder die Frage auftaucht, „welche Ursachen denn die Schmelzung hervorrufen". Ist es „die Wanderung der Erdwärme von einer unterirdischen Masse der Mineralsubstanz zu einer andern", wie G. Poulett-Scrope schon vor Jahren annahm? Was verursacht das Wandern? Es ist ein Labyrinth von ungelösten Problemen, das sich auftut, sobald man nach den letzten Dingen zu fragen anhebt.

Das Wesen des Vulkanismus

Um das Wesen des Vulkanismus zu erfassen und zu erkennen, um das Charakteristische des Phänomens herauszuheben, um zu den letzten bleibenden Erscheinungsgesetzen vordringen zu können, ist es vor allem notwendig, dieses Naturereignis in allen seinen Einzelheiten genau zu verfolgen und zu beobachten, es möglichst ausführlich zu beschreiben und zur Kenntnis zu bringen. Ist dieses erfolgt, so kann und muß der Überblick so allgemein als möglich gehalten werden. Nur dadurch ist man in die Lage versetzt, das Chaos zu überschauen, nur dadurch gelingt es, Erkenntnisse und Wahrheiten höherer Ordnung aufzudecken, nur so ist es möglich, Lebendiges und Unverstümmeltes wirklich zu erfassen und zu erhalten, nur so ist man imstande, das Beharrende und Dauernde in der Erscheinung festzulegen.

Heutigentages ist das Material, das zusammengetragen wurde, ein ungeheures. Es ist fast unmöglich, alle die Einzelheiten zusammenzuhalten, immer wieder kommen neue Werte hinzu. In einem solchen Stadium des Sammelns ist es dringend notwendig, einmal innezuhalten und das Gebotene kritisch zu prüfen und abzuwägen, ordnend und sichtend einzugreifen, um den Faden aufzufinden, der durch das Labyrinth leitet.

Die Erscheinungsformen des Vulkanismus sind äußerst verwickelt, unterschiedlich und mannigfaltig. Jede einzelne Eruption, selbst bei dem gleichen Objekte, zeigt neue Modifikationen. Allen liegen aber die gleichen Erscheinungsgesetze zugrunde. Sie sind weder zahlreich noch verworren.

So verschieden und mannigfaltig die Erscheinungsform, so einfach und gezählt die zugrundeliegenden gemeinsamen Gesetze.

Diese aufzudecken ist die erste Vorbedingung für eine Analyse und Charakteristik über das Wesen des Vulkanismus.

Um dies zu erreichen, ist es notwendig, nicht am einzelnen Falle kleben zu bleiben und immer nur von diesem auszugehen oder umgekehrt auf ihn zurückzuprojizieren. Vielmehr muß getrachtet werden, ganze große Komplexe zu erfassen und zu überschauen, um von und aus ihnen die großen gemeinsamen Gesetze abzuleiten. Nur so wird es möglich werden, das Wesen einer Erscheinung von der Kompliziertheit des vulkanischen Phänomens zu erfassen. Diese wenigen gewonnenen Gesetze sind dann der enge Pfad, welcher durch das Labyrinth der Wirrnis hindurchführt.

Vor allem gilt es, das Beharrende der Erscheinung auszulösen und klarzulegen. Das Augenfälligste und Hervorstehendste sind die Bauwerke. Die Kenntnis dieser Bauwerke, ihre eigene charakteristische Form, welche sich leichter als wo anders selbst auf eine mathematische Grundform zurückführen läßt, die Materialien, welche sich am Aufbau beteiligen und wie sie zur Großform gefügt sind, wie die Kräfte sich äußern, welche dies alles schaffen, ist das Positive, das Sichere. Dieses Positive muß herangezogen werden, will man die Kräfte kennen lernen, welche sie schaffen, will man die letzte Ursache überhaupt aufdecken. Diese wird freilich nie das Hypothetische abstreifen.

Aus der langen Erfahrung, welche die Wissenschaft an den vulkanischen Erscheinungen der Erde machen konnte, geht die eine Tatsache wohl unbestritten hervor, daß die Eruptionen der Gegenwart in der Regel einen gleichen Verlauf nehmen. An den jeweiligen Ausbruchsstellen treten feste oder flüssige Massen zugleich mit großen Mengen von Gasen hervor.

Der Prozeß spielt sich derart ab, daß zunächst nach einem kurzen Schwanken des Bodens die geförderten Massen in allen Erscheinungsformen zugleich heraustreten wollen, daß aber nach einem kurzen, heftigen Hervorstoßen von Gas- und Aschenmassen Lava oder Asche oder beide zusammen folgen, wobei im weiteren Verlauf in den weitaus meisten Fällen die Asche und Dampf den Schluß einleiten und das Phänomen abschließen.

Die Fälle, wo die geförderte Masse nur in Lava besteht, sind in der Gegenwart völlig verschwunden[1]). Zerspratztes Material begleitet jeden Ausbruch.

Rheu- und Klasmatika verteilen sich oberflächlich nach der Art der Konsistenz und Menge, nach der Dünn- oder Dickflüssigkeit, der gröberen

[1]) Die wenigen scheinbaren Ausnahmen wie Hawaii, Island, Samoa werden im späteren Zusammenhang die entsprechende Würdigung und Kritik erfahren.

oder feineren Art des zerspratzten Materiales. Ob dünn- oder dickflüssig, ob basisch oder sauer, immer wohnt dem sich hinwälzendem Erguß etwas Gewaltiges, Mächtiges inne, das das Ganze erfüllt und das vor nichts widersteht. Je nach den Ursachen zeigt die Oberfläche des erstarrten Stromes ein verschiedenes Gepräge und je nach der chemischen Zusammensetzung neigt er zu einer rascheren oder geringern Vernichtung.



Fig. 1.
Rheumatitische Bildungen: 1. Wulstenlava, 2. Schlackenlava, 3. Spratzlava.

Nach der äußeren Gestaltung lassen sich drei verschiedene Typen der erstarrten flüssigen Ergüsse gegeneinander abheben (Fig. 1):

1. Wulsten- oder Fladenlava,
2. Spratz- oder Zackenlava,
3. Schlackenlava.

Die erstere ist durch die ebene Form charakteristisch, in der sie in die Erscheinung tritt. Sie ist entweder völlig glatt oder doch nur höchstens mit Wulsten und Schnüren an der Oberfläche ausgezeichnet. Lavafelder, welche durch diese Form der Ergüsse geworden sind, haben etwas Ruhiges. Die Passage eines solchen Lavafeldes erfordert keine allzugroße Schwierigkeit. Typisch für diese Form sind langhinziehende Spalten oder höchstens ein Übereinanderschieben einzelner Schollen, wie das Eis eines Flusses bei Anheben der Schmelze (Fig. 1,1 und 1,3). Hornitos fehlen zur Gänze. Die Anordnung der Wulsten und Schnüre, desgleichen auch die Lagerung der Poren und Mineralindividuen des Gesteins lassen die einstige Richtung des Fließens die Herkunft des Gesteins immer festlegen.

Die zweite Form hebt sich scharf gegen diese erstere ab. Die wilden Zacken und Spratzen verleihen dem gesamten Erguß etwas Groteskes, Bizarres (Fig. 1,3 und 15, 16). Die Passage ist äußerst erschwert. Die oberen Zinnen liegen vielfach nur lose mit dem Gesamten im Zusammenhang. Die Lava ist sehr porös, zeigt vielfach gut und deutlich die ehemalige Fließrichtung des Ergusses. Beide Arten können die gleiche chemische Zusammensetzung haben und doch liegt zwischen dem Gesamtbild der Ströme ein so tiefgehender Unterschied. Die Fälle, wo Wulsten und Spratzlava an einem Strome nebeneinander zur Entwicklung gelangen, sind selten. Immer herrscht eine oder die andere Form vor, welche den Gesamteindruck bestimmt. Genaueres Zusehen wird die Struktur der Wulstenlager in einem solchen Mischtypus anders finden als bei den gleichen Formen eines reinen echten Wulstenstromes.

Die Schlackenlava (Fig. 1,2) steht mitten drinnen zwischen Wulsten- und Spratzlava. Sie neigt sich vielfach der zweiten zu. Zeigt dann ebenfalls etwas Bizarres, unterscheidet sich aber doch wieder von ihr, daß der Gesamteindruck sich mehr der ersteren anschließt. Die weiten Hohlräume oft selbst geringerer Komplexe deuten auch mehr die Verwandtschaft mit der Spratzlava an, während der weite, oft wenig mächtige Erguß sich wieder der Wulstenlava nähert.

Der Schlackenlava angegliedert kann die sog. Block- oder Scherbenlava werden, welche aber keineswegs allzu häufig ist. Sie scheint mehr das Produkt der chemischen Konsistenz zu sein als der Temperatur und Flüssigkeitkapazität.

Um daher alle diese verschiedenen Modalitäten und Formen, in der die schmelz-flüssigen Massen erscheinen, zusammenzufassen, werden sie als rheumatitische Massen bezeichnet[1]).

---

[1]) ῥεῦμα d. i. das in Menge oder Fülle Daherströmende, auch das Unstete und Veränderliche.

Aber auch die zerpratzten Materialien erfahren auf der Erdoberfläche durch die Größe und das Korn eine verschiedene Behandlung. Neben Blöcken von Mannesgröße und mehreren m^3 finden sich alle Übergänge bis zum feinsten Sande, der den Winden zum Spiele dient und sich gelegentlich (Krakatoa 1883) über die ganze Erdoberfläche ausbreitet.

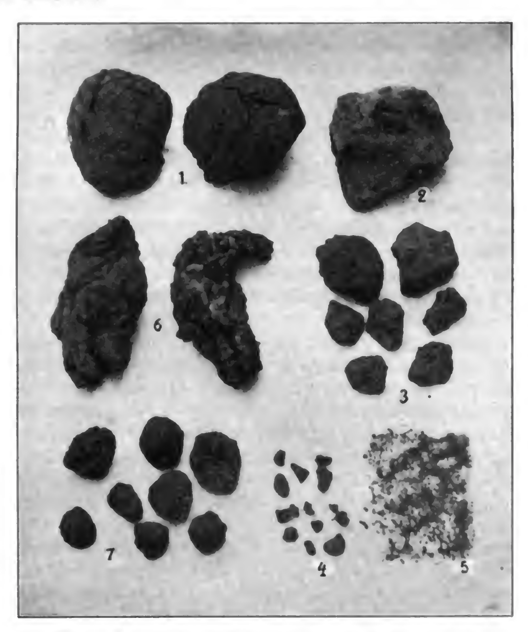


Fig. 2. Klasmatische Förderprodukte: 1 und 7: Rundmaterial, 2—5: eckiges Material, 6: Wulstenmaterial.

Aber auch dieses Lockermaterial zerfällt, abgesehen auch hier wieder von der verschiedenen chemischen Zusammensetzung, in drei große Hauptgruppen (Fig. 2):

1. Eckiges Material (Brockenmaterial),
2. Rundes Material,
3. Wulstenmaterial.

Das zuerst genannte ist das weitaus vorherrschende. Eine mikroskopische Untersuchung vulkanischer Sande zeigt weit mehr eckiges als rundes Aussehen. In allen Größenformen tritt es in die Erscheinung und deutet schon durch sein Aussehen, daß bei seiner Bildung die Temperatur und die Kraft des Ausbruches in gegensätzlichem Verhältnis zueinander standen.

Das Rundmaterial tritt gleichfalls in verschiedenen Größen auf. Ihm gehören jene Formen an, die als Bomben, Lapilli, Asche usw. seit langem besonders unterschieden werden. Eine besondere Kategorie bilden die eigenen „Brotkrustbomben". Das schalenförmige Abbröckeln ist dieser Kategorie des Lockermateriales besonders eigen. Die Form, in der diese Bildungen auftreten, lassen zwischen der Temperatur der geförderten Masse und der Gewalt des Ausbruches eine gewisse Übereinstimmung vermuten.

Das Wulstenmaterial ist jenes groteske Gebilde, das der Spratzlava nahe steht. Es ist nicht zu häufig. Die Gestaltung zeigt auf die Wirbelbewegungen, welche sich innerhalb der ausgeworfenen Massen entwickeln. Die Förderung vollzieht sich jedenfalls bei im Vergleich zur Ausbruchskraft übertemperierter Lava. Zudem finden sich diese Formen nur bei basaltischen Magmen.

Je nach ihrem Gefüge beteiligen sie sich an dem Aufbau und schaffen verschiedene Formen. Für den ganzen Komplex der zerspratzten Produkte aber soll fürderhin der Ausdruck klasmatisches Material, Produkt gebraucht werden[1].

Diesen klasmatischen Produkten wird viel zu wenig Beachtung geschenkt. Winde zerstreuen sie, Niederschläge und rinnendes Wasser vertragen und verschleppen sie, so daß schon oft nur nach kurzer Zeit ihre Mächtigkeit verloren und verschwunden ist, so daß man ihrer noch weniger achtet, und nur den rheumatitischen Bildungen seine Aufmerksamkeit zuwendet, da sie zunächst bleiben und der Gegend ein eigenartiges Gepräge verleihen, so daß auch noch nach Millionen von Jahren aus ihrem Vorhandensein auf das ehemalige Schauspiel zurückgeschlossen werden kann.

Diese Mißachtung der klasmatischen Produkte hat zu großen Fehlern in der Beurteilung des Phänomens geführt. Denn zwischen beiden Förderarten, den rheumatitischen und klasmatischen, bestehen nicht nur in der Form der Förderung, sondern insbesondere in der Art der geschaffenen Baue tiefgehende Unterschiede, Gegensätze, welche selbst dort nicht verwischt werden können, wo sich beide Förderarten zu einheitlichem Baue

[1]) κλάσμα d. i. das Zerbrochene, Zersplitterte.

türmen. Zwischen beiden Förderungen bestehen endlich auch zeitliche Abstufungen und Gegensätze.

Auch in der auslösenden Kraft herrschen andere Bedingungen, welche zur klasmatischen und zur rheumatitischen Förderung führen. Bei ersterer herrscht das explosive Element mehr vor als bei letzterer. Daß dieses sich auch an der rheumatitischen Bildung erkennen läßt, ist selbstverständlich. Daher liegt ein gewisser Zusammenhang zwischen beiden Produkten. Nie sollte vergessen werden, die Näherungswerte zu geben, welche bei Ausbrüchen von den klasmatischen, und welche von den rheumatitischen Massen eingenommen und erreicht werden. Denn dadurch ist man in die Lage versetzt, den Ausbruch eines Feuerberges zu klassifizieren und zu ordnen.

Rheumatitische und klasmatische Produkte sind fremde Massen, welche anders geartet sind als die Unterlage oder die Umgebung, es sind neue Produkte, welche zum Aufbau der Erdrinde aus dem Erdtiefen gefördert wurden und neue Formen auf ihr schufen.

Diese Förderprodukte, rheumatitische und klasmatische, gruppieren sich auf der ganzen Erdoberfläche nach gleichmäßigen bestimmten Gesetzen, die Materialien gleichen sich nach Form und Aussehen in allen Breiten und Längenzonen und variieren nur nach ihrer Konsistenz in den einzelnen Territorien und Erdepochen.

Aus allen diesen vergleichenden Momenten geht die Erkenntnis hervor, „daß in den vulkanischen Schöpfungen der ganzen Erdrunde eine große Übereinstimmung besteht“[1]). Und „wo dem Seefahrer nicht mehr die alten Sterne leuchten, in Inseln ferner Meere, von Palmen und fremdartigen Gewächsen umgeben, sieht er in den Einzelheiten des landschaftlichen Charakters den Vesuv, die domförmigen Gipfel der Auvergne, die Erhebungskrater der canarischen und azorischen Inseln, die Ausbruchsspalten von Island wiederkehrend abgespiegelt; ja, ein Blick auf den Begleiter unseres Planeten, den Erdmond, verallgemeinert die hier bemerkte Analogie der Gestaltung“[2]).

Zeigt sich das Phänomen nicht nur in der Gegenwart, sondern auch in den früheren Perioden der Erdgeschichte, so liegt der Schluß nahe, daß er in der Natur der Erde begründet ist und in ihrer Entwicklung eine bestimmte Rolle zu spielen hat. Mit den rheumatitischen und klasmatischen Produkten werden gleichzeitig große Mengen von Gasen gefördert. Sie sind in diesen Fällen nur Begleiterscheinungen, nicht Phänomen an sich.

Als eine selbständige Erscheinung wird die Gasexhalation erst

---

[1]) Stübel, A. Der Vesuv. Leipzig 1909, S. 10.

[2]) Humboldt, A. v. Kosmos. Stuttgart-Tübingen 1845. I. Bd. S. 237.

dort, wo sie ständig vor sich geht. Nicht einfache Gase werden in diesem Stadium ausgestoßen, sondern auch Gasgemenge vielfach mit Grundwässern usw. gemischt, die als Mineralquellen oder selbst auch heiße Quellen in oder auf die Oberfläche treten. Alle diese verschiedenartig sich äußernden Gasexhalationen, Mineral- und heiße Quellen, sind als pneumatitische Produkte von den ersteren zu unterscheiden.

Auch sie bauen z.T. ebenso wie die rheumatitischen und klasmatischen Ausbrüche typische Formen auf der Erdoberfläche auf, die allerdings der Größe nach nicht mit denen zu vergleichen sind, welche durch die ersteren aufgeführt werden.

Rheumatitische, klasmatische und pneumatitische Produkte werden somit durch die vulkanische Kraft aus dem Erdtiefen gefördert und auf oder in der Erdkruste zum Absatze gebracht. Nicht planlos geschieht dieser Absatz, sondern nach strengen mechanisch-mathematischen Gesetzen, welche in der Natur der Materie begründet sind. Daher repräsentieren sich diese drei Förderungsarten in bestimmten typischen Bauen und Formen, deren Zahl gleichfalls nicht allzu groß ist und die sich nur durch ihr Zusammentreffen reichhaltiger und abwechselnder gestaltet.

Die Grundformen vulkanischer Baue.

Das am meisten Beharrende und Bleibende der vulkanischen Vorgänge sind die Baue, welche durch die geförderten juvenilen Massen aufgeführt werden. Sie zerfallen nach Größe, Bildung und Form in sieben verschiedene sich ablösende Typen.

Die unterste Begrenzung der Vulkanbaue sind die pedionitischen Formen, die Ebenen, welche durch sie geschaffen werden und in allen Gürteln und Längen der Erde zu finden sind. Sie sind zum größten Teil in früherer Zeit geschaffen worden, reichen vielfach in den Anfang des Aufblühens vulkanischer Kraftäußerungen zurück und zeichnen sich durch die Größe des bedeckten Areals aus. Sie reichen noch in die diluviale und alluviale Zeit. Keinerlei Flächenergüsse sind seit historischer Zeit mit Bestimmtheit nachgewiesen.

Die älteste und wohl mit die größte und mächtigste Bildung ist das Dekkangebiet. Es bedeckt ein Areal von ungefähr 520000 km² d. i. die Fläche Deutschlands ohne Württemberg. Seine Mächtigkeit wird in der Nachbarschaft von Bombay bei rund 2000 m angegeben, eine Zahl, die sich gegen Süd auf 300—400 m erniedrigt, aber selbst noch in den östlichen Ausläufern zwischen 150—200 m schwankt. Im Mittel beträgt sie gegen 600 m. Allerdings sind es nicht durchweg rheumatitische Massen, welche sich am Aufbau be-

teiligen, vielfach liegen lakustre Sedimente und auch klasmatische Bildungen zwischen ihnen[1]).

Keinerlei Vulkankegel oder Krater deuten darauf, daß aus ihnen die Massen geflossen sind. Die Atmosphärilien haben dazu beigetragen die ehemalige Oberfläche der jüngsten Bildungen zu verwischen.

Die gleichen Ursachen waren es, welche den ehemaligen Zusammenhang der rheumatitischen Bildungen Abessyniens auflösten und das liegende Grundgebirge aufdeckten[2]). Als echte Tafelgebirge erscheinen heutigentages die großen pedionitischen Bildungen am Südrande der Seen Buenos Aires, Pueyrredon, San Martin, Viedma und Argentino in Westpatagonien[3]). An 22000 km² bedecken die gleichen Ergüsse in dem Newarksystem, das sich von Nova Scotia gegen Süd-Carolina hinzieht[4]). Das gleiche Land beherbergt Flächenergüsse von der Größe von ca. 640000 km² in der Columbia lava, die Idaho, Oregon, Washington und Nord California umfängt und ebenfalls tertiäre Sedimente zwischengelagert hat und deren größte Mächtigkeit bei 1300 m liegt[5]). Gleiche rheumatitisch pedionitische Formen sind aus dem Flußgebiete der unteren Tunguska bekannt geworden. Wohl die größte derartige Bildung aber wäre jene mächtige „Nordatlantische Tertiärpanzerung“, welche A. Geikie einst von Europa nach Grönland schlug, quer hinüber über die Far-Oer und Island und weit nach Norden gegen Franz Josefsland, die noch mit Beginn des Pliozän bestanden haben soll[6]).

Trotzdem bei fast allen pedionitischen Formen und Bauen zwischen den rheumatitischen klasmatische Bildungen eingeschaltet sind, so ist doch in keinem einzigen Falle ein Zusammenhang mit irgend einem Berge oder einer Krateröffnung nachzuweisen und die allgemein herrschende Meinung geht dahin, sie als „Spaltenergüsse“ zu betrachten. Daß dies nicht unter allen Umständen nötig erscheint, sondern auch

---

[1]) Oldham, R. A manual of the geology of the India. 2. Aufl. Calcutta 1893. S. 255ff.

[2]) Blanford, W. Observations on the Geology and Zoology of Abyssinia. London 1870.

[3]) Steffen, H. Studien über Westpatagonien. Geogr. Zeitsch. Jg. 1909. S. 565.

[4]) Russel, J. Volcanoes of North Amerika. New-York 1897. S. 43.

[5]) Ebenda. S. 39, 250ff.

[6]) Die Realität dieser Landbrücke, die zu weittragenden Hypothesen Veranlassung gab und gibt, ist stark in Frage gestellt worden. Schneider, K. Beiträge zur physikalischen Geographie Islands. Peterm. Mitt. Jg. 1907, Heft 8 und insbesondere Spethmann, H. Der Aufbau der Insel Island. Zentralbl. f. Min. usw. Jg. 1909, Nr. 20/21. — Für ihre Existenz trat R. F. Scharff ein. The landbridge between northern Europe and North-America. Proc. royal irish Acad. vol. XXVIII. B. Nr. 1. 1909.

andere Ursachen zur Erklärung möglich sind, wird später zu behandeln sein.

Nicht dem Tertiär, sondern dem Diluvium und Alluvium gehören eine Reihe anderer pedionitischer Formen. Den großen Malpais-Flächen Mexikos lassen sich solche aus dem Innern Islands entgegenstellen und den weiten Lavafeldern Afrikas steht unter anderem der rheumatitische Erguß von Diret-el-Tulûl entgegen, dessen Länge zwischen 50—60 km, dessen Breite bei 20—25 km angegeben wird[1]), dem selbst wieder im Norden ein weitaus größeres älteres zwischen 34° 40′—37° n. Br. und 36—38° ö. L. v. Gr. in Nordsyrien entgegensteht, das Blanckenhorn im Jahre 1888 aufgenommen hat und miozänen und mittelpliozänen Alters ist[2]). Nicht nur das Aussehen, sondern die geologischen Befunde lassen für das erstgenannte festlegen, daß die weiten pedionitischen rheumatitischen Ergüsse diluvialen Alters sind, denn sie flossen über Geröllablagerungen, „denen höchstens diluviales Alter zugewiesen werden kann“[3]).

Allen pedionitischen Formen ist neben einer großen Flächenausdehnung eine einseitige Gefällsrichtung gemeinsam.

Dadurch unterscheiden sie sich von den in einer gewissen Beziehung nahe verwandten aspitischen Bauen.

Die aspitischen Baue zeichnen sich aus durch eine große Grundfläche, während die Flanken von allen Seiten äußerst gering gegen die Mitte zu ansteigen. Der großen Grundfläche entspricht mithin eine geringe Höhe. Bei ihnen spielen rheumatitische Bildungen die größte Rolle.

Sie sind seltene Baue und haben in der Gegenwart eigentlich keinen einzigen reinen tätigen Vertreter, denn auch die Essen auf Hawaii und Samoa, welche in ihrer Gesamtheit die größten Repräsentanten sind, zeigen keineswegs mehr die reinen, nur rheumatitischen Ergüsse, welche diese Baue charakterisieren.

Die Aspiten, welche Island noch in der weitaus größten Zahl beherbergt, sind altdiluvial, teilweise sogar vor- oder zwischeneiszeitlich. Infolge der großen Grundbasis und der geringen relativen Höhe erscheinen die Böschungswinkel höchstens bei 5° und nur in den obersten Gipfelpartien werden gelegentlich 7—10° wahrgenommen. Diese steile Schwellung hat ihre Ursache darin, daß die letzten Rheu-

---

[1]) Stübel, A. Über das Wesen des Vulkanismus. Sep. aus: Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897, S. 18.

[2]) Pötz, W. Beiträge zur Kenntnis der basaltischen Gesteine von Nordsyrien. Z. d. d. geol. G. Berlin 1896, S. 522ff.

[3]) Noetling. Über das Alter der Lavaströme im Djolan. Jahrb. f. Min. usw. Jg. 1886. I. Bd. S. 254ff.

matika, welche hervorquollen, nur mehr noch kurz sind und sich so übereinander stauen konnten und mußten, um rasch zu erkalten.

Die Ergüsse zeichneten sich durch große Dünnflüssigkeit aus, denn die Mächtigkeit der einzelnen übereinander gelagerten Bänke beträgt oft nur 10 cm.

Auf ihren Gipfeln treten flache, weite Einsenkungen auf, die sich durch die Flächenausdehnung gegenüber der Tiefe von den eigentlichen Krateren anderer Feuerberge unterscheiden. Ob auch in ihnen ehedem ein Lavasee wogte und brodelte[1]), ist für die Morphologie der Berge völlig belanglos. „Die Ausbrüche haben nur Lava produziert, von Asche, Scorien und Bomben ist keine Spur zu entdecken. Die Lava ist ganz ruhig aus der Öffnung geflossen, Merkmale von heftigen Explosionen sind nicht zu entdecken.“ Solcher Aspiten zählt Th. Thoroddsen, der Islandforscher, 16 auf der fernen Insel. Die größte bildet die Trölladyngja im Odádahraun, deren Volumen 35 km³ besitzt. Die folgende Tabelle vermittelt einige Größenverhältnisse isländischer Aspiten:

	absol. Höhe	relat. Höhe	Böschungswinkel
Skjaldbreid	1063 m	600 m	8—10° gegen E. 4— 6° „ SW.
Heidin há	637 „	502 „	2° „ W. 3° „ SE.
Selvogsheidi	182 „	182 „	1— 3°
Skálarfell	83 „	83 „	4— 5°
Trölladyngja	1491 „	600 „	3— 4° unten 6— 7° oben
Theistareykja-bunga	540 „	60 „	1° gegen W. 4— 5° „ E.
Kollótta Dyngja	1209 „	500 „	6— 7° „ N. 8° „ S.

Außer diesen echten Aspiten zeigt Island in einzelnen Fällen auch aspitische Unterbaue. Als bester Vertreter dieser Kategorie ist die Hekla anzusehen, deren Gipfelkrater über einer weiten echten Aspite aufgebaut sind. Die weitaus größten Aspiten beherbergt Hawaii, die schon Dutton als „abnormal volcanoes“ hingestellt hat. Die ganze Insel besteht eigentlich aus solchen ineinander geflossenen Aspiten. Ihr Gesamtvolumen inkl. des vom Meere bedeckten Teiles dürfte bei

[1]) Thoroddsen, Th. Island, Grundriß der Geographie und Geologie. E. H. Nr. 152. Pet. M. Gotha 1905, S. 126.

400000 km^3 liegen. Für den über See liegenden Teil[1]) berechnete Lowthian Green 11000 km^3.

Aspiten sind auch anderweitig bekannt. So scheinen sie für Kamtschatka keine fremde Form zu sein, obwohl sie hier nicht mehr als reine rheumatitische Bildungen zu erkennen sind, sondern vielfach schon klasmatische Zwischenlagerungen aufweisen. In diese Kategorie ist nach den Beschreibungen von Bogdanowitsch der Changar zu zählen, dessen trachyt-andesitische Masse bei einem Grunddurchmesser von 10 km nur an 1200 m Höhe aufweist, so daß sich das Ganze als ein „verhältnismäßig flacher Dom" darstellt[2]).

Um so häufiger finden sich hier und auch anderweitig echte Aspiten als Unterbau großer Vulkanberge. Für Kamtschatka ist der Choaschen, Anann, Bjelyi-Chrebet, Schischel nördlich vom Tigil Vertreter[3]). Ecuador liefert auf Grund Stübels genauer Aufnahmen weitere Beispiele. Imbabura, Cotachachi, Iliniza, Antisana, Cotopaxi gehören hierher. Insbesondere bei diesem letzteren ist es unverkennbar, daß „Ober- und Unterbau zwei verschiedenen Entstehungsperioden angehören". Bei diesem Vulkan stehen sich rein äußerlich der aspitische Unterbau gegen den steilen Oberbau gegenüber[4]). Auch bei dem Tunguragua werden die beiden Stücke Ober- und Unterbau auseinander gehalten, obwohl es zunächst aus den Schilderungen nicht genau hervorgeht und nur aus der geologischen Beschreibung erschlossen werden kann[5]).

H. Meyer faßt seine Beobachtungen über den Bau des Kilimandjaro dahin zusammen, daß „das ganze Gebirge einem ungeheuren Schild mit zwei Buckeln" gleicht. Diese unterlagernde Aspite wurde naturgemäß zu Beginn der Tätigkeit überhaupt geschaffen zu jener Zeit, da die Laven „sehr dünnflüssig sich zu weiten Decken ausgebreitet haben"[6]).

Der eigentliche Vesuv hat sich über einer aspitischen Unterlage vor den Augen der Menschen aufgeschichtet. Immerhin aber würde diese nicht die bedeutende Höhe erlangt haben, welche die Piane zeigt, würden nicht morphologische Umstände die Veranlassung gewesen sein, daß alle rheumatitischen Ergüsse nach einer bestimmten Richtung hin fließen mußten und müssen. Daher spricht man besser von einer

---

[1]) Dutton. Hawaiian volcanoes. Ann. Rep. of the U. St. geol. Surv. 1882/83, S. 84—85. — Mercalli, G. I vulcani attivi della terra. Mailand 1907, S. 42.

[2]) Bogdanowitsch. Geol. Skizze von Kamtschatka. P. M. 1904, S. 96.

[3]) Ebenda. S. 220.

[4]) Stübel, A. Die Vulkanberge v. Ecuador. Berlin 1897, S. 150.

[5]) Ebenda. S. 265. Nach den Schilderungen bildet der Oberbau des Tunguragua einen „modernen Schutt- und Schlackenkegel".

[6]) Meyer, H. Kilimandjaro. Berlin 1900, S. 303.

Pseudoaspite. Einen echten aspitischen Unterbau läßt der Rangitoto auf Neuseeland erkennen, den schon v. Hochstetter[1]) beschrieb und von dem Großer[2]) eine gute Abbildung gab. Aus dem Gebiet des vulkanischen Syrien bringt A. Stübel die gleichen Phänomene zur Kenntnis[3]).

Die Lotungen in unmittelbarer Nachbarschaft großer vulkanischer Inseln lassen erkennen, daß Aspiten eine viel häufigere Erscheinung sind als bislang angenommen wurde. Die späteren Ausführungen werden die Galápagos, Samoa, Gomera, Gran Canaria u. a. in diese gleiche Gruppe stellen.

Nimmt bei der aspitischen Form die Höhe auf Kosten der Grundbasis zu, so entsteht aus dem Schild eine Kuppel, deren Flanken steil erscheinen und es auch im Vergleich zu den eben besprochenen Gebilden sind. Aus der Aspite wird die Tholoide.

Nur ein einziges Beispiel ist bekannt, daß ein solcher Bau in historischer Zeit geworden ist. Es ist der 1866 entstandene Georgios auf Santorin. Umso häufiger sind diese Formen aus der älteren Periode des rezenten Vulkanismus bekannt und auch aus der antiken Zeit treten zahlreiche Beispiele für diese Form in die Schranke. Ihre Bildung war ehedem keine sporadische Erscheinung. Schon S. Günther hat darauf hingewiesen und gezeigt, daß gerade darin „ein tiefgehender Unterschied zwischen sonst und jetzt“ liegt[4]). Dazu kommt noch eine wichtige Tatsache. Wo sie auftreten, sind sie in der Regel nicht Einzelindividuen, sondern finden sich in großen Gruppen vergesellschaftet.

Die kuppenreiche Landschaft tertiärer Vulkane im nördlichen Böhmen vom Schloßberg bei Brüx, Oblik bei Laun über die zahlreichen aufragenden Tholoiden des Leitmeritzer Gebirges bis heran an den Fuß des Lausitzer Gebirges, auf welchem die Lausche der gleiche Typus ist, sie alle gehören in diese Klasse. Das Heidelgebirge an der böhmisch-schlesischen Grenze, das aus permischen Porphyren aufgeführt ist, reiht sich würdig an.

Auch in anderen Gebieten und Himmelsstrichen findet sich dieser Typus. In dem Gebiete der Auvergne sind der Puy de Dôme, der Sarcouy u. a. zu nennen, auf Luzon treten sie als Repräsentanten älterer Ausbrüche auf und und es sei diesbezüglich nur auf den

---

[1]) Reise der österr. Fregatte „Novara“ um die Erde. Geologischer Teil I. Wien 1864, S. 168.

[2]) Vulkanologische Streifzüge in Maoriland. Verhandl. d. naturhistorischen Vereins f. d. Rheinland. Jg. 1904, S. 34ff.

[3]) Vgl. Abbild. 18 bei A. Stübel, Rückblick auf die Ausbruchsperiode des Mt. Pelée. Leipzig 1904, S. 19.

[4]) Gedanken über das Wesen des Vulkanismus. Ausland 1892, Nr. 39.

Tetacagua verwiesen, eine Bezeichnung, die in der Sprache der Malaien soviel als „umgestürzter Kessel“ bedeutet[1]).

Der Chimborazo und Chayambe werden von Stübel als Domberge angesprochen und beschrieben. Der Pico de Teyde auf Tenerife gehört nach H. Meyer ebenfalls zu diesem Typus[2]). Choaschen, Wiluitschik, Schiwelutsch werden neben anderen als analoge Bildungen auf Kamtschatka hingestellt[3]). Die Beispiele ließen sich vermehren. Überall zeigen sie sich als primäre Bildungen[4]). Schon Bergeat hat darauf hingewiesen und nicht nur rezente Bildungen in Europa, sondern auch anderweitige Belege zu bringen verstanden[5]). Stübel und Grosser betraten denselben Weg[6]).

Nimmt die Höhe gegenüber der Basis an Größe zu, so daß ihr das Übergewicht zukommt, so wird die Tholoide zur Belonite als deren

---

[1]) v. Drasche. Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon. Wien 1878, S. 16, vgl. Abbild.

[2]) Die Vulkanberge v. Ecuador. S. 400. — Meyer, H. Kilimandjaro. Berlin 1900, S. 304.

[3]) Bogdanowitsch, a. a. O. S. 218, schreibt „die Verbreitung der flüssigen eruptiven Massen verringert sich, je höher man den Abhang hinaufsteigt. Tafelartige Formen, z. B. der Unterbau des Mittelgebirges an der Seite des Tales der Kamtschatka oder die Abhänge an der westlichen Kamtschatka stellen deutliche terrassenartige Absätze dar, welche man entschieden nicht nur durch Erosion und Verwitterung erklären kann. Diese Massen schichteten sich allmählich und ununterbrochen auf, wobei die oberen Schichten die unteren nicht mehr ganz verdeckten. Aus Massen mit schwach geneigter Bankung erwachsen Dome mit steilen Abhängen“. . . Bei ihrem Anblick „erinnert man sich unwillkürlich der Ideen von Buch und v. Humboldt, daß sich solche Massen nicht von oben aufgeschichtet haben, sondern von unten wie etwas ganzes gehoben worden sein müssen.“ Es sind monogene Baue im Sinne Stübels.

[4]) Branca, W., sieht in den „homogenen“ Vulkanen, das sind tholoide Formen, „nur den herausgeschälten inneren Kern einstmaliger Stratovulkane. . . Wir sehen in ihnen nur den im Inneren des Berges in einem großen Hohlraum erstarrten Schmelzfluß. Die äußere Hülle des Berges, die Aschen-, Lapilli- und Schlackenmassen bezw. auch die etwaigen Lavaströme sind bereits abgetragen. Daher handelt es sich hier wesentlich um geologisch ältere Ausbrüche als bei jenen Stratovulkanen.“ Schwabens 125 Vulkanembryonen. Stuttgart 1894, S. 645. Gegen diese Anschauungen, die vielfach Gemeingut geworden sind, sprechen die tatsächlichen Verhältnisse. Würden es zunächst nur erstarrte Schmelzen sein, so müßte doch das Gefüge des Gesteins zunächst ein anderes sein als wie es sich erkennen läßt, auch sprechen die geologischen Befunde vielfach dagegen. In Böhmen sind z. B. diese „homogenen“ Bildungen entweder als „Laccolithen“ erkannt worden oder aber als echte rheumatitische Quellkuppen. Daß sie jemals von klasmatischem Materiale umgeben gewesen seien, ist nicht nachzuweisen. Diese geologisch durchweg älteren Gebilde sind primären Ursprungs.

[5]) Bergeat, A. Staukuppen. N. Jahrbuch f. Min. Festband, S. 310—329.

[6]) Sitzungsber. d. niederrh. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn 1904. — Stübel, A. Rückblick auf die Ausbruchsperiode des Mt. Pelée auf Martinique 1902/1903 vom theoretischen Gesichtspunkte aus. Leipzig 1904.

typischester und zur Zeit auch einziger unangefochtener Vertreter der heute wieder zerstörte Zapfen im Krater des Mt. Pelée erscheint[1]).

Bei diesem Gebilde ist die Steilheit der Flanken mit 70° und mehr besonders auffallend. Sie steht darin in einem scharfen Gegensatze zur Aspite, bei der 7° bereits zum Maximum gezählt werden. Teilweise ist die Flanke sogar senkrecht und überhängend beobachtet worden. Die Höhe des Gipfels überschreitet die Länge der Basis.

Ein geringes Abbröckeln des Gipfelstückes kann aber schon die gedrungene Form der Tholoide zeitigen, doch wird auch in diesem Falle immer noch die steilere Flanke die ehemalige Belonite verraten. Denn wohl wird aus der steilen Flanke der Belonite die mildere Böschung der Tholoide, niemals aber umgekehrt.

Auf europäischem Boden dürfte die einzige Belonite durch den Puy de Chopine nördlich des Puy de Dôme in der Auvergne vertreten sein[2]). Er steht völlig isoliert inmitten eines weiten nach Norden völlig zerstörten Walles, dessen Untergrund trachytische Ergüsse bildeten, dessen steile Böschung durch klasmatisches Material verursacht ist. Steil und unvermittelt bricht dieser Wallberg gegen Norden ab und jenseits einer kleinen schmalen Ebene, gleichsam inmitten des Wallberges, ragt nun der mit bis mehr als 70° Böschung aufragende vielfach völlig nackte Puy de Chopine auf, der in seinem Materiale weder dem Trachyt noch dem klasmatischen Material gleicht.

Pedionite, Aspite, Tholoide und Belonite haben einen gemeinsamen Charakterzug in ihrem Aufbau. Sie sind nur aus rheumatitischen Produkten aufgebaut, sind demnach homogenen Materials.

Nur bei den beiden ersten Formen tritt auch klasmatisches Material hinzu, doch ist es seltener bei der Aspite, häufiger bei der Pedionite. Dadurch wird der homogene Bau beeinträchtigt.

Umso schärfer tritt dadurch die Stratierung der aufbauenden Schichten zutage. Insbesondere die reinen rheumatitischen Bildungen aspitischer Natur lassen sie nicht verleugnen und verkennen.

Bei den weitaus überwiegenden Feuerbergen der Gegenwart spielen aber nicht rheumatitische, sondern klasmatische oder zum mindesten beide Erscheinungsweisen zusammen eine große Rolle. Dadurch wird ein neues Moment in das Grundgefüge der Vulkanberge eingefügt, denn die Lockermaterialien zeigen im Aufbau wesentlich andere bestimmende Gesetze und damit auch Baue.

---

[1]) Aus der zahlreichen Literatur, welche in den verschiedensten Sprachen und von den verschiedensten Fachleuten behandelt ist, sei nur kurz K. Sapper erwähnt: Die vulk. kleinen Antillen. N. Jahrb. f. Min. Jg. 1904.

[2]) Schneider, K. Aus dem Vulkangebiet des Puy de Dôme. „Lotos". Jg. 1907, Nr. 9.

Durch das klasmatische Material werden jene schlanken nach der Höhe immer steiler geschwungenen Berge geschaffen, welche als besondere Charakteristika auftreten, das Landschaftsbild beherrschen und weithin die sichtbare Landmarke werden.

Zeigen die Tholoiden vielfach sogar eine konvexe Flankenböschung, so gilt dies von den Koniden in keinerlei Weise. Hier tritt im Gegenteil stets eine konkave Linienführung zur Erscheinung, wodurch eine Körperform geschaffen wird, die nach G. Beckers Berechnungen derjenigen gleichkommt, welche durch die Rotation einer logarithmischen Linie um ihre Asymptote entsteht[1]).

Für die Form der Koniden ist es von großer Bedeutung, wie das Korn beschaffen ist, das sich am Aufbau beteiligt.

Denn die Böschungswinkel sind abhängig vom inneren Reibungskoeffizienten des klasmatischen Materials. Danach wird gröberes Material steilere, feinere und feinste Produkte flachere Bildungen und Formen zeitigen. Als Unbekannte kommt die Kraft hinzu, mit welcher die Massen herausgeschleudert werden.

Sie bedingt, daß auch die Formen klasmatischer Natur Haupttypen unterscheiden lassen und mit Recht hat schon J. W. Judd hervorgehoben, daß „the form of volcanic mountains is determined in part by the nature of the materials ejected and in part by the charakter of the eruptive action“[2]).

Leider sind über die Böschungen vulkanischer Berge und über den inneren Reibungskoeffizienten vulkanischer Sande noch keinerlei besondere Untersuchungen angestellt worden. Umso willkommener sind daher jene Messungen, welche Piwowar an trockenen Schuttkegeln und Schutthalden in der Schweiz angestellt hat[3]). Da auch die klas-

[1]) Becker, G. The geometrical form of volcanic cones and the elastic limit of the lava. Am. Journal of Science vol. XXX. Jg. 1885, S. 283ff.

[2]) Judd, John W. Volcanoes. London 1903, S. 152.

[3]) Piwowar. Über Maximalböschungen trockener Schuttkegel und Schutthalden. Vierteljahrsschrift d. naturf. Gesellschaft. Zürich. Jg. 1903. Bd. 48. S. 335. — Auf experimentellem Wege kam Linck zu anderen Resultaten. Er zeigte, daß die Normalböschung desto größer ist, je kleiner, je dreidimensionaler, je kantiger und eckiger und je leichter das Korn ist und je ruhiger es an die Oberfläche gelangt. Er kommt dabei zur Aufstellung der folgenden drei Gesetze.

1. Die Neigung der Böschung vergrößert sich mit der Verkleinerung des Korns.

2. Die bedeckte Grundfläche vergrößert sich mit der Vergrößerung des Sandkornes und mit der Auswurfshöhe.

3. Der Durchmesser eines Kraters wird länger mit der Erweiterung der Ausbruchsstellen, im allgemeinen auch mit der Höhe des Berges, mit der Wurfhöhe und Vergrößerung des Korns.

Linck. Über die äußere Form und den inneren Bau der Vulkane. N. Jahrb. f. Min. usw. Festband. S. 91ff.

matischen Förderungen eckig, brüchig, verschiedenster Gestalt, groß und klein gestaltet sind, so lassen sie einen gewissen Vergleich mit gewöhnlichen Schottermassen zu. Diese durch mechanische Verwitterung des Gebirges entstandenen Schuttkegel zeigen gleich den Koniden gegen oben steilere, gegen die Basis flachere Böschungen, d. h. auch bei ihnen läßt das Profil die geschwungene logarithmische Linie erkennen.

Es ergab sich, daß, je eckiger, gröber und rauhbrüchiger das Material war, umso steiler, je rundlicher und feinkörniger, desto flacher wurde die Böschung. So bilden erstere immer noch einen Winkel von 34° 25′, letztere zum höchsten 31° 26′. Bei granitischem Material zeigte die Böschung oben 43°, an der Basis nur mehr 34°, feiner Tonschiefer dagegen ließ nur 30 bezw. 26° erkennen. Von Bedeutung erscheint auch für die Beurteilung der Morphologie der Koniden, daß „die Höhe des Sturzes der Trümmer nur von sehr geringem Einfluß auf die Böschung des Schuttes ist.“

Nur der innere Reibungskoeffizient ist der ausschlaggebende. Daher zeigt der Böschungswinkel der Koniden, die durchwegs aus klasmatischem Material aufgebaut sind, selten mehr als 35°, aber auch an ihrem Gipfel selten unter 30°.

Die klasmatischen Gefüge unterliegen den äußeren Einflüssen, welche sich in Bergrutschen, Steinschlägen usw. offenbaren, wobei dann das Material wieder seinem Korn entsprechend gesaigert und umgelagert wird und in seiner endlichen Entwicklung und letzten Lage um den Fuß der Konide liegt gleich einem weiten Schlepp. Bei den Japanern, bei deren Feuerbergen klasmatische Förderungen im Vordergrund der Erscheinung stehen, wird dieser ausgedehnte untere Bergschlepp besonders beachtet und als Susono unterschieden von der eigentlichen Bergflanke[1]).

Durch dieses verschiedene Korn und den damit zusammenhängenden Reibungskoeffizienten erklärt es sich, daß das Verhältnis zwischen Höhe und Basisradius bei den konidischen Bauen immer ein abnormal großes zugunsten der letzteren ist.

Bei der Gestaltung klasmatischer Koniden tritt ein besonderer Faktor bestimmend in den Vordergrund: der Wind.

Durch die plötzlichen explosiven Ausbrüche entstehen unmittelbar in der Nähe des Ausbruchspunktes große Luftdruckminima, die sofort von den Nachbargebieten ergänzt werden, wodurch ein heftiges Zuströmen der Luft verursacht wird. Die zuströmenden Luftmassen werden jedoch sofort wieder zur Höhe getrieben. Diese wirbelnden Winde be-

[1]) Grosser, P. Reisen in den ecuadorianischen Anden. Sitzungsber. d. niederrheinischen Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde zu Bonn. Jg. 1904.

mächtigen sich der Auswurfsmassen und bringen es mit sich, daß die zuerst ausgeworfenen Klasmatika nicht weit vom Ausbruchspunkte verschleppt werden, sondern erst vielmehr die späteren, welche in einem etwas gemäßigteren Stadium zur Erscheinung kommen.

Daß diesen Winden eine besondere Kraft zugeschrieben werden muß, geht aus morphologischen Gründen hervor, wenn auch ihre Stärke selbst noch nicht gemessen wurde. Aus der reichen Eruptionsgeschichte ist nur ein einziger Fall genauer festgelegt, und zwar wurde für den Ausbruch des Bandaisan vom 15. Juli 1888 die Heftigkeit des durch dieses Phänomen entstandenen Windes von Wada auf 40 m pro Sek. geschätzt[1]). Solche wirbelartigen Winde werden bei allen Eruptionen beobachtet. Vielfach kann man auch die durch sie gebildeten Aschentromben feststellen[2]).

Treten Ausbrüche innerhalb herrschender Windrichtungen auf, so werden die durch den Ausbruch gewordenen Wirbelwinde bald nach der herrschenden Windrichtung abgedrängt, während sie in anderen Himmelsstrichen nach den vorhandenen Minimis abgelenkt werden. Dadurch wird die durch den Ausbruch geförderte Lockermasse in ihrer Lagerung beeinflußt und so kommt es, daß nahezu sämtliche Koniden in ihrem Gipfelgebiet — sofern sie einen Krater besitzen, tritt die Erscheinung umso schärfer auf — eine Unterbrechung in der Linienführung erkennen lassen. Fast alle lassen in der Windrichtung weite Schartungen erkennen.

Diese treten in den Passatgebieten besonders auf, so daß der genetische Zusammenhang bald erkannt werden kann. Schon Ch. Darwin macht bei der Beschreibung der Insel Ascension bei 8° s. Br. und 15° w. L. v. Gr. darauf aufmerksam, daß alle Gipfel der jüngsten Schlackenkegel, deren Zahl 20—30 beträgt, „schräg abgeschnitten und abgestutzt waren und sämtlich nach SE. hin abfielen, von welcher Seite der Passatwind weht“[3]). Stübel entging es nicht, daß den Aschen- und Schlackenkrateren der Vulkane Ecuadors und Südamerikas überhaupt dadurch ein großer gemeinsamer Zug innewohnt, daß in der Regel die W. SW. und S. Seite niedriger ist als die entgegengesetzte. Auch sie werden am besten mit den in der tierra fria heimischen Stürmen in Verbindung gebracht, die sich oftmals zu einer Heftigkeit steigern, daß sie „das

[1]) Naumann. Neue Beiträge, a. a. O. S. 13.

[2]) Eine solche hat K. v. Seebach beim Ausbruch des Santorin im April 1866 beschrieben und im Bilde wiedergegeben. Über den Vulkan von Santorin. Abhandl. d. kgl. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen 1867.

[3]) Darwin, Ch. Geol. Beobachtungen über d. vulk. Inseln. 2. Aufl. Stuttgart 1877, S. 37. — Reise eines Naturforschers. Stuttgart 1899. S. 406.

Gras zischend vor sich niederbeugen und daß man glauben möchte, er werde es aus dem Boden reißen"[1]).

Zahlreiche Beispiele ließen sich aus Island erbringen. Vielfach sind dort die ehemaligen Krater durch die Winde von den Kraterrändern aus wieder zugeweht worden, so daß auf zahlreichen Koniden nur eine flache Mulde das ehemalige Vorhandensein anzeigt. Windkellen an ihren Flanken, die weite Zerstreuung des klasmatischen Materiales zu den weiten Sandwüsten, die freilich vielfach auch Sande der vergletscherten Felder bergen, die die Physiognomie der isländischen Landschaft beherrschen, trotz ihrer weiten Areale in den Wüstengebieten der Erde keine Beachtung und Würdigung finden, sind Belege für die Bedeutung des Windes bei der Beurteilung der Morphologie von Vulkanbergen klasmatischen Ursprungs.

Hat der Wind schon bei der primären Gestaltung einen Einfluß, so ist dieser im Verein mit der Sonne in der Folge nicht zu unterschätzen. Sie allein sind es, welche an der ursprünglichen Gestalt formen und ändern und nur dann erst, wenn es der Vegetation gelingt, festen Fuß zu faßen, tritt auch das fließende Wasser hinzu. Denn in den locker zusammengeschichteten klasmatischen Materialien verschwindet sofort jeglicher Niederschlag und die Oberfläche erscheint trocken. Dabei geht aber in den verschiedenen Breiten- und Höhenzonen ein verschiedener Prozeß vor sich. Dort, wo Schnee und Frost zuhause sind und mit ihnen die Sonnenstrahlen wechseln, werden die obersten Lagerungen ständig verändert. Ehemals vorhandene Zacken und Spitzen rutschen gleichsam unter dem Eigengewicht, werden abgesprengt, gehen als Steinschlag zur Tiefe, vielfach auch als Mure, bis sie endlich in ihrer Normalböschung gelagert sind.

In den Tropen bringen in dem feinkörnigen Klasmamaterial die Niederschläge weite Schlammströme zuwege, welche ebenfalls zu einer Normalkurve hinarbeiten. In den sommerregenarmen Gebieten, z. B. Italien, ist es nur die Schwere des Gesteines, Sonne und Wind, welche sich gegenseitig unterstützen, um das gleiche Ergebnis herbeizuführen. Überall aber ist das fließende Wasser zurücktretend.

Das gleiche Phänomen läßt sich auch in anderen Zonen festlegen. Doch müssen die Lockermassen im Vordergrund des aufbauenden Materiales stehen. Infolgedessen die Reinheit und Frische der Eifelvulkane trotz ihres diluvialen Alters, darum die Deutlichkeit eines Kammerbühls und darum auch selbst noch der deutliche Krater des tertiären

[1]) Die Vulkanberge v. Ecuador. S. 274. Diese Stürme in der Gegend der Páramo hat schon Alex. v. Humboldt als verheerend zu schildern verstanden. Sie sind es, welche die Aschen des Sangay zuweilen bis nach Guayaquil (210 km) tragen und auf ihrem Wege die ganze Küstenregion und die Pflanzungen mit ihnen bedecken.

Duppauer Vulkans in Böhmen. Wie stark Spaltenfrost, Insolation, Wind und Wetter an der Modellierung des Kilimandjaro arbeitet, beobachtete H. Meyer bei einer Besteigung des West-Mawensi 1889, „wo ein förmliches Bombardement durch die aus der Höhe bei stiller Mittagshitze herabsausenden Steine stattfand. Die losgelösten Trümmer, unter denen namentlich die leicht zerstörbaren Agglomerate vertreten sind, häufen sich am Fuße der Wände immer höher zu kolossalen Schutthalden an und die Zeit ist abzuschätzen, wo der Mawensi unter seinen eigenen Trümmern begraben sein wird“ [1]). Die ständig von E. wehenden Winde verursachen die großen Aschenfelder am Westabhange der Kirungavulkane [2]).

In den Regionen des Páramo beginnt der Tag mit — 5°, die Sonne setzt ein und + 25° und + 30° lassen sich mittags feststellen. Windstille und sturmartige Winde lösen sich dann aus. Vielfach dazwischen Nebel, Regen, Hagel und Schnee. Sie sind es, welche Ecuadors Feuerberge erniedrigen [3]).

Die Winde formieren die niedrige Westseite der klasmatischen Berge am Fuße des Mauna Kea [4]).

Aus den Gebieten Mittelamerikas brachte K. Sapper gleichfalls Belege [5]). Einen besonderen Fall zeigte Volz am Papandajan in West-Java [6]). Die vom Frost und Wetter losgelösten Steinschläge in der Askja brachten v. Knebel und Rudloff ein kühles Grab.

Außer der rein äußeren Gestaltung der Flanken und Böschungswinkel [7]), dem aufbauenden Material, liegt ein weiterer Unterschied

---

[1]) Kilimandjaro. S. 310.

[2]) Simmer, H. Der aktive Vulkanismus auf dem afrik. Festlande. München 1906. S. 97.

[3]) Stübel. Vulkanberge. S. 471.

[4]) Dutton, a. a. O. S. 167.

[5]) Der Vulkan Las Pilas in Nicaragua. Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. Berlin 1899. S. 578ff.

[6]) N. Jahrb. f. Min. Jg. 1904. S. 123f.

[7]) K. v. Seebach macht darauf aufmerksam, daß die homogenen, nur aus Lava gebildeten Kegel als Maximum den gleichen mittleren Böschungswinkel haben können, der auch das Maximum der Steilheit in den abwechselnd aus Lava und Auswürflingen gebildeten Kegeln (Stratovulkanen) ausmacht. Über den Vulkan von Santorin. Göttingen 1867, S. 77. Dies dürfte zum weitaus größten Teile zutreffen. Doch liegt der Unterschied zwischen Tholoide und Konide eben nicht nur in der äußeren Form, sondern auch in dem aufbauenden Material und dieses ist bei der echten Konide hauptsächlich aus klasmatischen Bestandteilen, mag der Kern des Berges auch rheumatitischer Natur sein. Dieser Kern ist aber völlig von dem Lockermaterial umgürtet und dieses unterliegt den oben ausgeführten Gesetzen. Die Tholoide aber als aus völlig rheumatitischem Ergusse aufgeführt neigt zu steileren Böschungen hin, welche konvex erscheinen und als Belonite sogar bis 90° und darüber werden können.

zwischen der echten Tholoide und Konide darin, daß letztere in den weitaus meisten Fällen auf ihrem Gipfel den ehemaligen Krater erkennen läßt, d. h. also jene Vertiefung, aus welcher das geförderte juvenile Material zum ersten Male an die Oberfläche tritt.

Der Krater ist keineswegs Selbstzweck. Schon der Umstand, daß es vulkanische Gebilde gibt, welche überhaupt keinen Krater erkennen lassen, spricht dafür. Dazu kommt die Tatsache, daß bei den vielfach nur aus klasmatischem Materiale aufgeführten Koniden Seitenausbrüche als Regel gelten. Anders bei den Aspiten, bei denen weder Seitenausbrüche beobachtet werden noch auch Explosionsausbrüche, welche klasmatisches Material fördern. Infolgedessen unterscheiden sich die Kratere der Aspiten von denen der Koniden. Verdanken die der letzteren ihr Dasein den durch Explosionsausbrüche rings um die Austrittsstelle aufgeschütteten Lockermaterialien, so sind die Krater der Aspiten dadurch entstanden, daß die heraustretenden Massen wieder am gleichen Orte zurücksanken, so daß inmitten der erkalteten überflossenen Rheumatika eine weite Höhlung zurückbleibt.

Diese so entstehenden Krateröffnungen werden durch die erst später einsetzenden äußeren Kräfte, vielfach auch durch tektonische Veränderungen modelliert und verändert.

Der Krater ist bei der Konide im Verhältnis zum Gesamtbau klein und unter allen Umständen nicht Selbstzweck, sondern kann füglich völlig fehlen. Er ist nur das Endprodukt der letzten großen Kraftäußerung. Ist diese geringer und weniger durchschlagskräftig gewesen, so baut sich innerhalb des Kraters eine kleine sekundäre Konide auf, welche in diesem Falle immer frei der Kratertiefung ist. Sie zeigen, da sie von äußeren Einflüssen fast völlig geschützt sind, den reinen konischen Charakter. Der Hverfjell auf Island ist nur ein kleiner, derartiger Vertreter (Fig. 3). Aus den Feuerbergen Javas sind sie durch Verbeeks und Junghuhns Beschreibungen lange schon bekannt. Der Mauna Kea birgt sie ebenso wie der Pichincha oder Pululagua in Ecuador. Hier beträgt er nach Stübel ca. 80 m. Das gleiche ist aus dem innern Krater des Mojanda bekannt, wo der Golongal sogar über 400 m betragen soll.

Bei Koniden und Aspiten tritt der Krater im Vergleich zum Gesamtbau des Berges weit zurück. Wird dieser dagegen die Haupterscheinung, ergibt sich eine Bildung, wo gleichzeitig um ein mehr weniger großes ebenes Gelände ringsum ein im Vergleich zum Durchmesser der Ebene niedriger Wall aufgeworfen wurde, so wird aus der Konide die Homate, der Wallberg.

Ist schon die Konide eine gern gesellig auftretende Erscheinung, so ist dies in weitaus größerem Maße die Homate. Für sie muß es direkt als Regel ausgesprochen werden, daß sie eine gesellschaftlich auftretende Form ist, daß bei ihr zu gleicher Zeit sowohl Höhe als auch Grundbasis meist nur geringe Dimensionen erreichen, daß bei ihnen die Böschungen nach innen und außen gleichmäßig abfallen und nur bei jenen Homaten, bei denen nicht klasmatisches Material, sondern Schweißschlackenprodukt zum Aufbau verwendet wurde oder bei deren Bildung sich starke explosive Vorgänge abspielten, ist die innere Böschungsfläche steilwandig (Fig. 12).

Jedes Vulkangebiet weist Homaten auf, bald größer, bald kleiner, immer gesellig, in der Regel klein im Verhältnis zu den anderen vorhandenen, meist älteren Bildungen.

Die größtdimensionale Homate Europas bildet der Pipernovulkan in den campi phlegraei. Er nimmt 154 km² für sich in Anspruch. Nur in dem östlichen Teile ist sein Wall nahezu völlig erhalten. Er wird hier vertreten durch den Posillipo (170 m im W.), zieht über den Vomero gegen Antignano (200 m), wendet sich von da aus der NE.-Richtung gegen NW., um in Camaldoli mit 458 m zu kulminieren. Mählich sinkt sein Kammverlauf auf 336 und 320 m bis Piscinelli und erreicht auf der völlig intakten Nordrandung 155 und 129 m. Von der zuletzt genannten Höhe bei Monteleone, wo der Wall eine merkliche Unterbrechung erfährt, schwenkt der Kammverlauf nach Süd um, dabei immer noch im Mt. Ruscello 138 m und im Mt. Salvatichi 127 m erreichend. Den Südrand hat das Meer verschlungen, wenn er überhaupt einmal vorhanden war[1]).

Dieser noch heute festzulegende Wall fällt nach dem Außenrande zu dem naheliegenden Umland mit kaum mehr als 2—3° ab, zeigt somit jene Böschungen, welche aspitischen Formen eigen sind. Die Feinheit seines Materiales lassen die Erklärung dafür zu.

Wesentlich steiler gestalten sich die Abfälle gegen das Innere. Der ganze Wall entspricht einem Kraterdurchmesser von 12—13 km. Dieser Pipernokrater wurde in der Folge von den Flanken aus zugeschüttet. Insbesondere aber wurde er durch die nachträglichen jüngeren Ausbrüche innerhalb seiner Umwallung eingeebnet und erhöht. Doch ist noch heutigentages sein Boden im allgemeinen niedriger als das nördlich anstoßende Territorium und nur im Westen liegt er wesentlich höher. Das Material dazu brachten die in ihm zutage

[1]) Der im West benachbarte Mt. di Procida gehört nach Scacchi (R. d. real. accad. Napoli 1849), einer Meinung, der sich auch E. Sueß (Antlitz d. Erde. II. Bd. S. 463ff.) anschließt, zu dem benachbarten Procida. Günther faßt ihn dagegen (geogr. Journal 1897, X, S. 412ff.) zu den campi phlegraei.

tretenden Ausbrüche, welche insgesamt immer wieder nur Homaten schufen, wobei die Kraft langsam erstarb und zugleich von E. nach W.



Fig. 3. Blick in den Hverfjell (Island). Im Innern eine primäre Konide.



Fig. 4. Homatenlandschaft am Mückensee (Island).

wanderte. Astroni und Monte Nuovo sind die jüngsten Bildungen, welche ihm eingeschaltet sind.

Als eine dem Pipernokrater analoge Erscheinung dürfte der Santorin aufzufassen sein. Neben diesen bietet das Gebiet der Eifelvulkane, die Auvergne, Nordspanien weitere gute Beispiele für den Homatentypus in Europa. Ungezählte Homaten beherbergt Island. Der 155 m hohe und über 1 km Kraterdurchmesser aufweisende Hverfjell (Fig. 3) hat in seiner Nachbarschaft Hunderte echter Homaten mit teils vollständigem, teils zerstörtem Walle (Fig. 4). Die größte



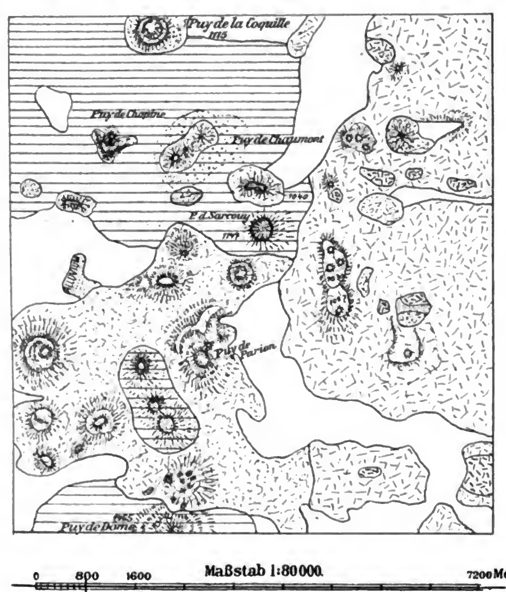


Fig. 5. Blick vom Puy de Dôme gegen Norden. Hart nebeneinander finden sich die einander folgenden Typen vulkanischer Baue.

Homate aber ist auf Ísland durch die Askja repräsentiert, deren Wall aus Tuff aufgebaut ist und einen Krater umfängt, dessen Boden im Mittel mehr als 8 km aufweist[1]). Auckland, Südaustralien, Ostafrika, Nordamerika, Hawaii, Antarktis usw. geben weitere

[1]) Vgl. die Karte v. H. Reck in Grumbkow, V.: Ísafold, Reisebilder aus Island. Berlin 1909. S. 161. — Über die Bildungsgeschichte wird in einem späteren Abschnitt gehandelt werden.

treffliche Beispiele für den Typus der Homate. Ob der Aso auf Japan in diese Gruppe zu zählen ist, muß dahingestellt bleiben, obwohl sein Durchmesser von 26 km darauf hindeuten würde[1]). Auch der Ringgit



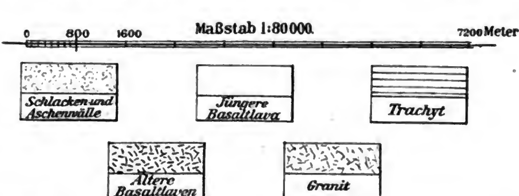


Fig. 6. Geologische Übersichtskarte des Gebietes nördlich des Puy de Dôme.

auf Java, desgleichen der Idien, deren Kraterdurchmesser 21 bezw. 16 km betragen, wären hierher zu rechnen[2]).

---

[1]) Anderson. The great japanese volcano Aso. The popular science. 1907.
[2]) Verbeek u. Fennema. Java, S. 995.

Konide und Homate treten vielfach nicht selbständig auf, sondern zeigen sich als Aufbaue über echten Aspiten. Vielfach sind echte Homaten in die Krater von Koniden eingebaut. Diese Tatsache ist für die Deutung der Entwicklung des Phänomens von großer grundlegender Bedeutung. Bei der Besprechung der Aspiten wurde darauf hingewiesen und eine Reihe von Beispielen gebracht, welche zeigten, daß oftmals über einer aspitischen Unterlage eine Konide oder auch Homate aufgebaut ist. Sie bedürfen keiner weiteren Ausführung.

Vielfach ist, wie oben erwähnt wurde, die Homate innerhalb des Kraters der Konide eingebaut.

Ein treffliches Beispiel dafür liefert der G. Tengger auf Java, in dessen Krater drei sich gegenseitig teilweise verdrängende Homaten ruhen, der G. Widodaren, G. Giri und G. Bromo. Das gleiche Stück Erde liefert noch weitere Beispiele. Der Taalvulkan auf den Philippinen u. a. wäre hier zu nennen. Afrikas große Vulkandistrikte haben eine Fülle dieser Erscheinungen.

In Europa bildet das Vulkangebiet der Auvergne das beste Beispiel für die wichtigsten Formen, welche in jüngerer Zeit vulkanische Kraft zu schaffen vermochte. Hier treten (Fig. 5) neben typische Tholoiden echte Homaten, neben der Belonite findet sich die allerdings vielfach zerstörte Konide. Hier lehrt ein Blick auf die geologische Karte, daß die verschiedenen Formen der Vulkanlandschaft innig Hand in Hand mit dem vulkanischen Baumaterial gehen (Fig. 6).

Gewissermaßen negative Formen liefert die vulkanische Kraft in jenen Gebilden, welche als Maare bezeichnet werden. Während alle anderen Werke sich durch oberirdischen Aufbau charakterisieren, zeigen diese eine Hohlform. Bei ihnen trat die Erscheinung zu heftig auf und zerstreute infolgedessen das geförderte Material. Es kam zu keiner Form, zu keinem Bau. An ihre Stelle trat eine mehr weniger kreisrunde trichterförmige Vertiefung, welche Raum dem Niederschlagswasser bot. Diese Maare haben daher nicht so sehr in der Morphologie als vielmehr in der Genesis eine große Rolle zu spielen.

Aus den bisher gemachten Ausführungen ergibt sich somit das folgende orographische System vulkanischer Baue in der Gegenwart:

1. Pedioniten.

Sie sind ausgezeichnet durch das Areal der Ausdehnung. An ihrem Aufbaue beteiligen sich zwar vorwiegend rheumatitische Bildungen, doch treten auch klasmatische hinzu. Sie gehören fast durchwegs der älteren Zeit an. Die diluvialen Pedioniten sind weitaus kleiner an Ausdehnung und an Mächtigkeit als die tertiären.

2. Aspiten.

Sie sind charakterisiert durch eine im Verhältnis zur Höhe bedeutende Basis. An ihrem Aufbau beteiligen sich durchweg nur rheumatitische Ergüsse. Klasmatika treten völlig in den Hintergrund.



Fig. 7. Profil des Mauna-Loa. Maßstab 1 : 1320000.

Auch sie sind vorzugsweise ältere Bildungen. Sie bergen in der Regel auf dem Gipfel einen Krater. Als ihr bekanntester Vertreter ist der Mauna-Loa auf Hawaii anzusehen, dessen Profil Fig. 7 erkennen läßt.

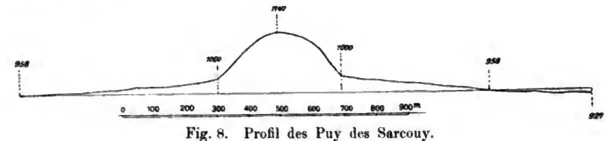


Fig. 8. Profil des Puy des Sarcouy.

3. Tholoiden.

Bei diesen Formen tritt die Grundbasis auf Kosten der Höhe zurück. Konvexe Flanken mit Böschungen bis über 35⁰ treten in die Erscheinung. Bei ihrem Aufbau sind nur rheumatitische

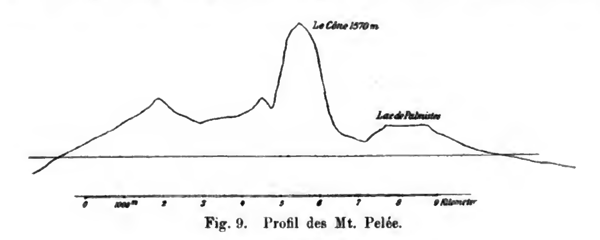


Fig. 9. Profil des Mt. Pelée.

Förderungen festzustellen. Sie charakterisieren besonders den älteren Vulkanismus. Bildungen der neuesten Zeit sind äußerst selten. Als typischer Repräsentant kann der Puy de Sarcouy angesehen werden, dessen Normaldurchriß aus der Zeichnung (Fig. 8) zu ersehen ist. Tholoiden treten in der Regel in Gruppen vergesellschaftet auf.

4. Beloniten.

Bei diesen Formen tritt die Grundbasis gegen die Höhe völlig zurück. Ihr Aufbau wird nur durch rheumatitische Materialien bewerkstelligt. Als leicht zerstörbare Formen treten sie stark in den Hintergrund. Auch sie charakterisieren mehr den älteren Vulkanismus als den rezenten und sind aus historischer Zeit nur durch den Mt. Peléeausbruch bekannt geworden. Zur Illustrierung der Böschungen und Größenrelationen folgt die beiliegende Zeichnung (Fig. 9).

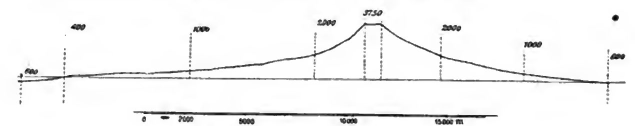


Fig. 10. Profil des Fushi-Jama.

5. Koniden.

Diese Bildungen sind der Tholoide insofern nahe verwandt, als auch bei ihnen die Grundbasis in einem mittleren Verhältnis zur Höhe steht. Die Flanken sind statt konvex konkav. An ihrem Aufbau sind nicht so sehr rheumatitische als vielmehr klasmatische Produkte beteiligt. In vielen Fällen birgt die Konide einen Krater auf ihrem Gipfel. Sie sind die hauptsächlichsten Vertreter des rezenten Vulkanismus und sind durch den Fushi-jama auf Japan, dessen Profillinie aus der beiliegenden Zeichnung hervorgeht, veranschaulicht (Fig. 10).

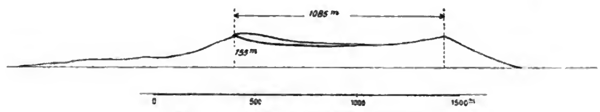


Fig. 11. Profil des Hverfjell (Island).

6. Homaten.

Bei ihnen tritt die Grundfläche wieder auf Kosten der Höhe in den Vordergrund. Sie umschließen alle in mehr weniger gut erhaltener Weise einen Krater. Die Böschungen unterliegen den gleichen Gesetzen wie bei den Koniden. Sie sind durchwegs aus klasmatischem, untergeordnet auch aus rheumatitischem Materiale aufgebaut, das aber eine typische Ausbildung zeigt, die als Schweißschlackengebilde zwischen dem eigentlichen klasmatischen und rheumatitischen Produkt steht. Der klasmatische Hverfjell auf Island soll mit seiner Profillinie die Morphologie der Homaten ver-

anschaulichen (Fig. 11). Homaten haben gleichfalls als typische Vertreter des rezenten Vulkanismus zu gelten.

7. Maare.

Bei den Maaren treten die vulkanischen Kräfte derart heftig in die Erscheinung, daß die klasmatischen Produkte weit im Umkreis zerstreut werden, so daß ein Aufbau über die nächste Umgebung nicht zustande kommt, sondern nur flache Hohlformen übrig bleiben. Sie treten in allen Vulkangebieten auf und lassen sich sowohl im älteren als auch im rezenten Vulkanismus festlegen. Sie spielen infolge ihrer negativen Formen keine Rolle in der Morphologie vulkanischer Baue. Sie können jedoch nicht außer acht gelassen werden, zumal sie in der Reihenfolge der vulkanischen Entwicklung eine bestimmte Stelle einnehmen.

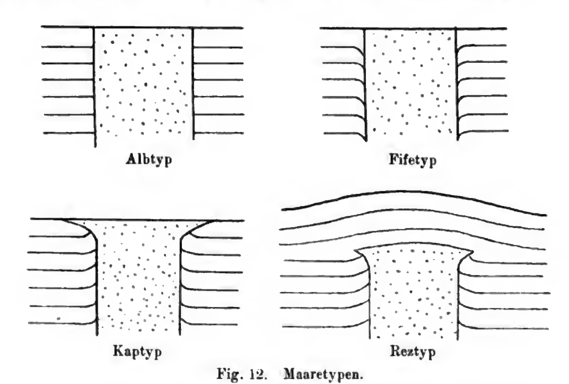


Fig. 12. Maaretypen.

Die von den explosiven Kräften durchgeschlagenen Gesteinsschichten sind erfüllt von klasmatischem Material, das mit dem durchstoßenen Brockengebilde vermengt ist.

Typisch ist für die Maare in der Regel die kreisförmige Gestalt der Durchschlagsröhren. Seit dem Tertiär bis zur Gegenwart sind sie keine Seltenheit. In den weitaus meisten Fällen treten sie gleich den Homaten gesellschaftlich auf. Nicht immer sind es brunnenrohrartige Gebilde, welche bei diesem Eruptionstypus geschaffen werden, denn auch Längenausbrüche konnten bereits nachgewiesen werden[1]).

[1]) Schneider, K. Über einen tertiären klasmatischen Längsausbruch im westlichen Erzgebirge. Zentralbl. f. Min. u. Geol. 1910. S. 802.

Die durchstoßende Kraft nimmt auf das Nachbargestein einen verschiedenen Einfluß (Fig. 12). Ist sie stark und heftig genug, so vollzieht sich die Durchbohrung, ohne Einfluß auf die Umgebung zu nehmen. Die horizontal gelegenen Schichten, welche durchstoßen wurden, stoßen unter rechtem Winkel an die Schlotfüllung. Ist das durchstoßene Gestein in gestörter Lagerung, so wird durch den Eruptionsprozeß keine Veränderung des Schichtenbaues herbeigeführt. Branca hat ihn aus der schwäbischen Alb beschrieben. Diesem Albtyp steht der seltenere Kaptyp gegenüber, der nach den mesozoischen Durchschlagsröhren im Süden Afrikas benannt ist. Bei diesem sind die durchstoßenen Sedimente am Rande gegen den Schlot aufgebogen, gleichsam in die Höhe gedrückt. Während bei dem durch Geikie bekannt gewordenen Fifetyp das gerade Entgegengesetzte auftritt. Welche Momente dabei mitgespielt haben, ist noch nicht aufgeklärt. Lachmann[1]) entdeckte den Reztyp[2]). Hierbei war die vulkanische Stoßkraft zu gering, um sich bis zur Oberfläche durchzuarbeiten. Sie blieb mit ihren Materialien, die auch in diesem Falle klasmatischer Natur sind, gleichsam in der Erde stecken und wölbte nur die überlagernden Schichten ein wenig auf. Diese Hemidiatreme ist bis zur Zeit eine wenig gekannte Erscheinung. Ihr Auftreten ist wohl die einzige Ursache dafür.

Aus den zuerst genannten sechs Großformen der vulkanischen Baue gehen alle heute auf der Erdoberfläche zu beobachtenden Formen hervor. Insbesondere tritt gerne über der Aspite die Tholoide oder Konide, selbst auch die Homate auf. Über der Tholoide wird die Belonite beobachtet und in der Konide die Homate.

Äußere Agenzien, welche sowohl während der Zeit der Bildung gestaltend auftreten (Wind) als auch später, verwischen diese Grundtypen, so daß oft zwischen Koniden weite Hochebenen werden oder die

---

[1]) Lachmann, R. Die systematische Bedeutung eines neuen Vulkantyps (Hemidiatrema) aus dem Rezgebirge. Monatsber. d. d. geol. G. Berlin 1909. S. 326f.

[2]) Gerade dieser letztere Typ ist Ursache dafür geworden, für das Maargebilde nicht den terminus Diatreme zu benützen. Mit diesem Ausdruck verbindet sich die Vorstellung des „Durchgeschlagenen", „Durchgestoßenen". Nun zeigt aber gerade der Reztyp, daß die als „Maare" bezeichneten Gebilde auch in der Erdkruste stecken bleiben können. Daher ist der terminus Diatreme jedenfalls unbrauchbar. Da aber Rez- und Albtyp im Wesen das gleiche sind, so verlangen beide die gleiche generelle Bezeichnung. Daher läßt sich auch Lachmanns Hemidiatreme nicht akzeptieren. Brauchbar wäre in Ähnlichkeit mit dem schachtförmigen brunnenrohrartigen Aussehen der Erscheinung Periphreatikum, würde nicht durch E. Sueß dieser Namen für typische Explosionsausbrüche vorgeschlagen worden sein und würde nicht auch das Vorkommen von Längsausbrüchen wie in dem westlichen Erzgebirge dagegen sprechen. Aus diesen Gründen soll einstweilen der Speziesnamen den Genusnamen ersetzen.

Aspite verdeckt erscheint. Immer gelingt es alle Formen der vulkanischen Baue in eine dieser aufgestellten Klassen einzufügen[1]).

Von den sieben Grundformen vulkanischer Baue treten nur wenige miteinander vergesellschaftet auf. Aus der Gesellschaftsform, in welcher sie auftreten, sich gegenseitig überlagern, kreuzen, ablösen, ohne sich an gleicher Stelle im Laufe der Zeit zu wiederholen, sobald eine der Grundformen im Vordergrund der Gestaltung stand, ergibt sich eine bedeutsame Perspektive für die Entwicklung und das Wesen des Vulkanismus.

Die Grundform aller, die Pedionite, geht insofern mit allen übrigen eine Verbindung ein, als sie nicht in ihrer Gänze aus der Erdtiefe primär ist, sondern daß ihre Massen von einem Punkte aus geflossen sind, welcher der Ursprungsort der Rheumatika ist. Daher muß diese Gruppe ausgeschaltet werden. Das gleiche gilt von dem Maar, das aber keine Gesellschaftsform eingeht, es sei denn die, daß diese vulkanischen Bildungen in der Regel immer gesellig auftreten.

Pedionite und Maar sind die beiden entgegengesetzten Extreme in der Reihe der vulkanischen Grundtypen. Sie entsprechen gleichsam dem Maximum und Minimum der vulkanischen Kraftleistung, indem die erstere Form durch Ausdehnung des Areals und die geförderte Masse charakteristisch ist, letztere durch die geringe Menge in beiden Punkten. Sind die Pedioniten unter allen Fällen positive Formen, ob sie nun aufgesetzt oder aufgeschüttet sind, sind Maare als Gebilde negative Gebilde, die es im günstigsten Falle noch zu einem Erscheinen auf der Erd-

---

[1]) Die Versuche, in das scheinbare Chaos vulkanischer Baue Ordnung zu bringen, scheiterten alle an der Zusammenfügung orographischer und genetischer Momente. A. Geikie unterscheidet in seinem Werke: The ancient volcanoes of great Britain. London 1898 I. Bd. folgende drei Typen:

1. Zentralvulkan. Kegel aufgebaut aus Aschen und Laven durch wiederholte Eruptionen über annähernd demselben Schlot. (Ätna, Vesuv.)

2. Deckenergüsse aus Spalten. (Island, NW. Amerika.)

3. Puys-Gruppen. Zahlreiche kleine Schlackenkegel oder Lavadome. Einmalige Eruptionen aus wandernden Schlotöffnungen.

G. Mercalli hebt in seinem Buche: I vulcani attivi, S. 34, vier Gruppen gegeneinander ab:

1. Vulcano-spaccatura o tipo islandico.
2. Tipo sottomarino di mare profondo.
3. Tipo vesuvio (a condotto centrale stabile).
4. Tipo-Puy o Flegreo.

Lacroix, A., hat in einer Monographie über den Mt. Pelée 1908 die vulkanischen Ausbrüche in eine Anzahl von Typen unterschieden. Die Extreme seiner Einteilung liegen bei dem Hawaii- und dem peléanischen Typ. Spätere Ausführungen werden zeigen, inwieweit sich Lacroixs Ausführungen mit dem angeführten orographischen System decken.

kruste brachten, im übrigen in ihr stecken blieben und erst durch andere Dinge als vulkanische Baue zur Geltung kommen. Zwischen diesen beiden Gegensätzen liegen die übrigen orographisch-morphologischen Baue, von denen somit nur 5 Grundtypen übrig bleiben; die Aspite, die Tholoide, die Belonite, die Konide und die Homate. Die Vergesellschaftung von Aspiten kann — gleichzeitige Bildungszeit vorausgesetzt — zur Genesis weiter Plateaus führen, welche Pedioniten gleich kämen. Dieser theoretisch denkbare Fall ist in der Natur bislang noch nicht nachgewiesen worden, doch ist er nicht ausgeschlossen. Spethmann[1]) hat schon auf die Tatsache hingewiesen, daß in den Basaltdecken Islands und Vorderindiens keineswegs einheitliche Bildungen vorliegen, daß vielmehr die übereinander liegenden Decken gegeneinander fallen, sich vielfach auskeilen, neuen Platz machen, eine Erscheinung, welche nicht immer durch tektonische Verhältnisse erklärt werden kann. Er hat denn auch bereits die Frage aufgeworfen, „ob nicht manche Basaltmassen nichts anderes als benachbarte Dyngjen (Aspiten) sind“.

Umso häufiger finden sich die Aspite mit der Konide oder der Homate vergesellschaftet und zwar so, daß letztere auf der zuerst genannten aufgebaut sind, so daß sie sich als jüngere Gebilde von vornherein dokumentieren. Dadurch entstehen Doppelformen und zwar Aspikoniden und Aspihomaten. Solche Aspikoniden wurden zahlreiche aus den verschiedenen Gebieten der Erde oben bei Besprechung der Aspite im allgemeinen angeführt und müßten die Beispiele wiederholt werden. Unter den europäischen Feuerbergen sind der Ätna und der Vesuv im engeren Sinne des Wortes (ohne Somma) Vertreter dieser Form.

Aspihomaten sind gleichfalls bekannt. Der Rangitoto ist der beste Repräsentant. Aus der Terminologie ergibt sich die Altersfolge der beiden Gebilde. Eine Umstellung ist in der Natur nie beobachtet und schon aus den Verhältnissen heraus ein Ding der Unmöglichkeit.

Eine Tholoide über einer aspitischen Grundlage ist bislang ebenso unbekannt wie eine Belonite über dem gleichen Gebilde. Tholoide und Belonite über- und ineinander zur Vertretung der Tholobelonite ist bei der Seltenheit des letzteren Gebildes an sich ebenfalls noch nicht festgestellt worden. Am meisten hat sich dieser orographische Typus bei dem Ausbruch des Mt. Pelée vorübergehend gezeigt.

Die weitaus größte Verwandtschaft und Kombination zeigen Konide und Homate.

Die Homakonide ist eine häufige Erscheinung. In der Homate steht eine Konide. Dabei ist es für die Terminologie der Gebilde

---

[1]) Spethmann, H. Inner-island. Globus. Bd. 94. Jg. 1908. S. 204.

irrelevant, ob die Homate zur Gänze erhalten ist und in ihrer Mitte die Konide aufgebaut ist, wie im Hverfjell auf Island u. a. a. O. oder ob die Homate nur mehr teilweise besteht und mit ihren Resten die Konide umfängt wie am Vesuv durch die Somma (Somma-Vesuv) oder dem Pico del Fogo auf den Kapverden u. a.

Ist die Homate in die Gipfelpartien der Konide eingelassen, so entsteht die Koni-homate. Der G. Tengger ist der typische Vertreter dieser Gattung[1]).

Die Untersuchung jedes einzelnen Falles zeigt auch hier wieder größere Varianten, welche zur Aufstellung des jeweiligen Spezifikums führen.

Die Vergesellschaftung von Koniden schafft neue Formen auf der Erdoberfläche. Durch das kreuzweise Über- und Auflagern der rheuklastischen Massen entstehen bei zonenartig gestellten Feuerbergen mählich lange Rückengebilde, deren Kamm in ziemlich gleichen Abständen von tieferen Pässen unterbrochen wird, jenseits derer hohe Berggipfel aufragen. Wind und Wetter formen später den Rohbau nur wenig um. Diese Entwicklung zeigt die indophiline Vulkanzone in ihrem javanischen Abschnitt.

Treten die Essen in Gruppen auf, so kommt es durch das rheuklastische Material zur Entstehung größerer oder kleinerer Plateaus, an deren Rändern die Essen zur Höhe streben. Sind sie weit auseinander gestanden, so sind die Plateaus nicht so sehr hoch als vielmehr weit. Dies ist der Fall in der melanesischen Vulkanzone auf der Nordinsel Neuseelands. Sind sie näher zueinander gelegen, so werden die Areale auf Kosten der Höhe geringer. Klotzige Bastionen bleiben als Endprodukte zurück wie z. B. an dem Mt. Wrangell in Alaska bei rund 62° n. Br. und 144° w. L. v. Gr. Hier sind die höchsten Erhebungen der Mt. Sanford (4940 m), Mt. Blackburn (4919 m), Mt. Wrangell (4269 m), Mt. Drum (3600 m). Die Dimensionen des ganzen Vulkanmassivs betragen dabei 160 und 110 km der Länge und Breite nach[2]). In einer gewissen Beziehung gehört hierher die Hawaii-Insel.

Nur auf einer einzigen Stelle der Erde treten alle Grundtypen und -arten vulkanischer Kraft zu einem Einheitsbau zusammen und lassen infolgedessen die reiche Mannigfaltigkeit der Kombinationen erkennen, die weite Ausdehnung und die Höhe der Gebilde erfassen. Es ist dies auf der atlantischen Erdhälfte die Insel Island.

---

[1]) Verbeek-Fennema. Java, S. 995.

[2]) Prof. Pap. Nr. 41 U. S. geol. Survey.

Die Großformen der Mondoberfläche

Die sagenhaften Bilder, welche der Mensch auf dem Mond zu sehen wähnt und welche in den meisten Mythen beredten Ausdruck fanden und finden, wurden durch das scharfe Glas zerstört und auf wenige einfache Formen zurückgeführt. Als vollends daran gegangen wurde, die Mondoberfläche photographisch festzuhalten, so wurde es umso leichter, in das Chaos Ordnung zu bringen. Von jeher hat man aber die Formen des Mondes mit den vulkanischen Bildungen der Erde in einen gewissen Zusammenhang gebracht.

Mit Ende des 18. Jahrhunderts sprach sich bereits Schröter, der als der erste Topograph des Mondes angesehen wird, dahin aus, daß die Ringgebirge und Kraterberge des Mondes vulkanischen Prozessen ihr Dasein danken, Vorgängen, „die auf der Mondoberfläche ganz ungleich häufiger und von größerem Umfange als auf der unsrigen vorfallen, weil die vorweggedrängt werdende, ungleich leichtere Masse ungleich weniger der Vollführung der Eruption widerstehen kann“[1]). A. v. Humboldt, der mit Bezug auf den Mond die kosmische Natur des Vulkanismus aussprach, war der Meinung, „daß der größere Teil der Wallebenen und Ringgebirge des Mondes zunächst als Erhebungskratere ohne fortdauernde Eruptionserscheinungen im Sinne von L. v. Buch zu betrachten sind“[2]). Mädler hält gleichfalls die Ringgebirge und Kratere des Mondes durch Eruptionen aus seinem Innern entstanden[3]).

Schon damals erkannte man somit die eine Tatsache in Analogie mit den Erscheinungen der Erde, daß keine andere Naturkraft imstande ist, solche typische Formen zu schaffen, wie sie durch vulkanische Prozesse gebildet werden.

Diese Tatsache ist umso fester gefügt worden, als es gelang durch photographische Aufnahmen die Formen der Mondoberfläche genau zu verfolgen und festzulegen. Daß es sich dabei aber nur um die Großformen handeln kann, liegt auf der Hand. Auch die größten Teleskope können die kleinen Details nicht erschließen. Kleine Krater von der Größe, wie sie der Vesuv oder Ätna zeigt, sind nicht erkennbar. Wohl aber die Masse des ganzen Berges. Allerdings übt dies für die Beurteilung der Form keinen Einfluß aus, denn die Krateröffnung ist nicht das Typische und Charakteristische eines Vulkanes.

[1]) Selenotopographische Fragmente. Göttingen 1803. II. Bd. S. 393.
[2]) Kosmos. III. Bd. S. 509.
[3]) Beer, Mädler. Der Mond. Berlin 1837. S. 403.

Die Mangelhaftigkeit der feineren Beobachtungsmethoden ergibt die Tatsache, daß der Vulkanismus des Mondes in der Formengestaltung weniger produktiv erscheint als auf der Erde, so daß Klein zu dem Schlusse kam, daß „die Formationen der Mondoberfläche von denjenigen der Erde toto genere verschieden“ seien und daß die Übereinstimmung der irdischen mit den lunaren Krateren sich nur „auf die nahezu kreisförmige Gestalt der Öffnungen“ beschränke[1]). Dies ist jedoch nicht zutreffend. Kein anderes Feld der Beobachtung ist für die Lehre vom Vulkanismus so ausschlaggebend wie das Studium der Mondoberfläche, denn es lehrt die eine wichtige Tatsache, daß die vulkanische Kraft nur wenige Formen zu gestalten imstande ist.

Sind auf der Erde nach den bisherigen Ausführungen sieben Grundformen festzulegen, so schwindet diese Zahl auf dem Monde auf fünf hinab, da es bislang nicht möglich ist, die kleinsten Formen zu beobachten. Es kann nur zu weiterer Erkenntnis über das Wesen des Vulkanismus führen, wenn es gelingt, die gemeinsamen Formen des irdischen und lunaren Vulkanismus aufzudecken und wenn die Beobachtungen so weit gehen sollten, auf dem Monde eine gleiche Altersfolge dieser Formen zu bestimmen wie auf der Erde.

Eine genauere Überprüfung läßt erkennen, daß die verschiedenen Arten vulkanischer Baue am Monde nur fünf sind. Es sind dies:

1. die etwas gegen $^1/_3$ der sichtbaren Mondfläche einnehmenden „Meere“, weite große Ebenen von einer Färbung, die grünlich, grau oder rötlich erscheint[2]);

2. die Ringgebirge, welche als mächtige Kraterberge aufzufassen sind, in deren Mitte fallweise

3. Kegelberge aufgebaut erscheinen; endlich

4. Berge, welche dem Schattenbilde nach zu urteilen, „hoch emporstrebende Dome“ sind. Eine besondere Erscheinung sind die als Rillen bekannten hell strahlenden Streifen.

Von diesen Großformen des Mondes nehmen den vorherrschenden Platz die zuerst genannten (1.) Meere ein. Sie zeigen bei starker Vergrößerung eine rauhe durchfurchte Fläche, die vielfach sanft gewellt ist. In ihr treten zuweilen Bildungen auf, die als Risse oder Klüfte gedeutet werden, sich quer durch die Ebenen hindurchziehen und „wie

[1]) Klein, H. Kosmischer und irdischer Vulkanismus. Leipzig 1904. S. 8. Die zitierten Ausführungen scheinen mir nicht ganz berechtigt zu sein. Es mögen genetische Unterscheidungen zwischen Mond und Erde vorhanden sein, morphologisch-orographische aber nicht, höchstens insofern, als die Größenverhältnisse seiner vulkanischen Baue die der Erde um vieles übertreffen.

[2]) Nasmyth, J. — Carpenter, I. Der Mond. 4. Aufl., deutsch v. H. Klein. Hamburg-Leipzig 1906. S. 69.

ein Flußbett in zahlreiche Verzweigungen ausgehen". Sie fallen am schärfsten auf, sobald der Mond seine volle beleuchtete Seite zeigt.

Die Meere, welche als Ebenen den irdischen Pedioniten gleichzusetzen sind, sind keineswegs regellos über die Oberfläche des Mondes verteilt. Darauf wurde bereits von Franz hingewiesen. Er zeigte, daß sie ganz besonders die äquatorialen Gegenden bevorzugen, daß sie sich zwischen dem 21° 19′ südlicher bis zum 17° 38′ nördlicher zoneographischer Breite befinden. Das Areal der von ihnen bedeckten Fläche macht von der sichtbaren Mondscheibe 32,2 % aus[1]).

Die genetische Frage nach der Entstehung der Ebenen ist eine zur Zeit ungelöste, indem neuerdings diese großen maria als Aufschmelzungserscheinungen hingestellt werden. Die die Ebenen durchziehenden Sprünge und Rillen lassen jedoch diesen Erklärungsversuch nicht als gelungen erscheinen. Ist es erlaubt, den lunaren Vulkanismus in diesem Falle mit dem irdischen zu vergleichen, so erreichen die Meere die Gestaltung durch oberflächliches Fließen rheumatitischer Ergüsse von äußerst dünnflüssiger Konsistenz. In einem späteren Zusammenhange wird sich zeigen, daß die Erde im Verlaufe ihrer Entwickelung vom Tertiär bis zum Alluvium die Rheumatitika immer zäher werden sieht. In einzelnen Fällen ergibt der irdische Vulkanismus typische Beispiele, daß seit dem Diluvium gerade die dünnflüssige Lava ausgezeichnet und charakterisiert ist durch kilometerlange Sprünge, welche von verschiedener Länge und Breite die gebildeten Ebenen durchziehen, oftmals knapp nebeneinander laufend und am Ende austönend gleich einem lang verlaufenden Delta.

Nicht das genetische Moment ist es, welches das Studium der Oberflächengebilde des Mondes besonders wertvoll erscheinen läßt, sondern zunächst das rein orographische. Da ergibt sich denn die eine Tatsache, daß auch der Mond große Ebenen vulkanischer Natur zeigt genau so wie die Erde.

Ein größeres Interesse wurde von jeher den Gebilden entgegengebracht, die als (2.) Ringgebirge bezeichnet werden. Aber erst durch Eberts Berechnungen ist es möglich geworden, eine richtige Vorstellung von diesen Formen zu erhalten und die Grundzüge der

---

[1]) Franz, J. Die Verteilung der Meere auf der Mondoberfläche. Sitzungsber. d. preuß. akad. d. Wissensch. Berlin 1906. S. 575 ff. — Was von den Meeren des Mondes scheint auch für die Ringgebirge zu gelten. So zeigt die allerdings nicht ausschlaggebende Skelettkarte, welche Nasmyth-Carpenter ihrem Werke beigegeben haben, 235 einzelne Ringobjekte, von denen mehr als ²/₃ auf die nördliche Hälfte entfallen. Gerade aber die größten, wie Ptolomäus (Durchmesser 130 km), Arzachel (D. 105,5 km), Alfonsus (D. 133,56 km) u. a. reichen nicht über den 40. Grad hinaus, sondern halten sich mehr in äquatorialer Nähe.

Morphologie der Mondkratere festzulegen[1]). Leider stehen die Daten für ein größeres Material noch aus, aber immerhin ist es gelungen, wenigstens für 92 typische Ringgebirge die Größenverhältnisse aufzudecken und deren Oroplastik festzulegen.

Die Messungen des äußeren Böschungswinkels der untersuchten Gebilde lassen zwei Haupttypen erkennen. Der eine (2a) weitaus vorherrschende zeigt im Maximum höchstens 12° Neigung der äußeren Flanke. Von den untersuchten Objekten fallen ihm 90 zu. Unter diesen zeigen aber wieder die vorherrschenden (56 Objekte) höchstens 6° Böschung. In 24 Fällen wurde der gleiche Winkel mit 8° festgelegt, und bei 10 Gebilden wurde eine Maximalneigung bis 12° bestimmt.

Diese Neigungswinkel stimmen mit jenen überein, welche durch direkte Messung und Beobachtung an irdischen Formen in den Aspiten erkannt wurden. Freilich treten diese aspitischen Bildungen auf der Erde in der Gegenwart zurück, zeigen sich aber bei vielen Inseln und lassen sich ohne Schwierigkeit als Unterbau junger vulkanischer Baue festlegen.

Wie auf der Erde so ist auch bei den Bildungen des Mondes der Abbruch gegen das Innere unvermittelt und schroff und schwankt zwischen 30 und 55°.

Eine weitere Übereinstimmung bei gleichzeitigem Unterschiede besteht in den Kraterõffnnngen, welche hier und dort in der Gipfelpartie der Aspite eingelassen sind.

Auf dem Monde bewegen sich die Kraterdimensionen immer in den hohen Zehnern der Kilometer, während sie auf der Erde am Kilauea mit 4,5 km das Maximum bei aspitischen Formen erreichten, obwohl der Durchmesser irdischer Kratere selbst bis 26 km (Aso auf Japan) betragen[2]). Aber auf beiden Weltkörpern verschwinden die Tiefen der Kratere gegen den bestehenden Wallberg. Bei allen Ringgebirgen des Mondes überwiegt „die Horizontalausdehnung die Tiefendimension bei weitem". Das 7- bis 70fache sind die Werte, welche Eberts Rechnungen ergeben haben. Diese Mondkratere sind höchstens „flache Teller", „wenn auch der absolute Wert ihrer inneren Tiefe unter Umständen eine recht bedeutende Größe erreicht"[3]).

---

[1]) Ebert, H. Über die Ringgebirge des Mondes. Sitzungsber. d. phys.-med. Sozietät Erlangen. München 1890. S. 171 ff.

[2]) Anderson, R. The great japanese volcano Aso. Journ. of Geol. Chicago 1908. S. 499 ff.

[3]) Weniger von Bedeutung erscheint mir für die Beurteilung der Genesis Eberts Berechnung über das Verhältnis des Volumens der Kratervertiefung und dem Volumen des diese umliegenden Walles. In den meisten Fällen ist die Eintiefung größer. Bei den kleineren Ringgebirgen überwiegt dagegen die Wallmasse.

Diesen aspitischen Formen des Mondes, deren aufbauendes Material naturgemäß unbekannt ist, aber in Analogie mit den terrestrischen Verhältnissen wohl rheumatitischen Ergüssen das Dasein danken dürften, steht die andere (2b) Hauptgruppe der Ringgebirge gegenüber.

Leider sind durch Ebert nur zwei Vertreter rechnerisch oroplastisch bekannt. Ihr äußerer Böschungswinkel beträgt 33 bezw. 26°, das sind Neigungswinkel der irdischen Koniden und Homaten. Diese beiden Vertreter sind Plato und Tycho, deren Kraterdurchmesser 96,76 km und 87 km betragen. Die Kraterwände fallen bei beiden mit 30 bezw. 34° zur Teufe. Der steile Böschungswinkel läßt der Vermutung Raum, diese Berge aus klasmatischem Material aufgebaut anzunehmen. Unzweifelhaft haben an ihnen Explosionsausbrüche stattgefunden, wie schon E. Sueß hervorhob[1]). Ihre Gestaltung, hauptsächlich der weite Kraterdurchmesser gegenüber der Höhe und der steile Böschungswinkel gegen außen und innen spricht dafür, in ihnen Homaten zu erkennen.

Sowohl innerhalb der aspitischen als auch der wohl als Homaten zu deutenden Formen, deren Zahl weitere fortgesetzte Berechnungen und Messungen erhöhen werden, treten (3.) Berge auf, deren Abbilder weithin kegelförmige Schatten werfen und die meistens mit ihren Gipfeln unter dem Wallkranz zu liegen kommen. Ist es erlaubt, aus den Schattenbildern auf die Böschungswinkel zurückzuschließen, so sind diese ganz bedeutend große.

Form und Gestaltung reiht sie den irdischen Koniden an. Der steile Böschungswinkel deutet auch hier entweder auf ein sehr zähes Magma oder auf klasmatisches Baumaterial. Da sie mitten in den Kraterbildungen zu liegen kommen, so sind sie unter allen Umständen jünger als diese.

Außer diesen bislang behandelten Formen, welche den irdischen Aspiten, Koniden und Homaten anzureihen sind, finden sich (4.) eigene Gebilde, die durch ihre vereinzelte isolierte Lage oder durch ihr plötzliches gruppenweise auftretendes Gebaren auffallen. Diese gruppenförmigen Anhäufungen werden als „Gebirge“ bezeichnet. Aber diese „Gebirge“ haben mit den irdischen nichts gemein, höchstens die Gipfelzahl und wohl auch Längsrichtung. Jeder Gipfel dieser lunaren Gebirge ist eine Individualität für sich. Es besteht keinerlei Zusammenhang zwischen ihnen. Nicht Grate und Zacken weisen die höchsten Teile, sondern runde Kuppen. Auf ihrem Scheitel läßt das Teleskop keine Vertiefung erkennen und kein Krater scheint sich auf ihnen zu finden. Sie treten auffallenderweise auf der nördlichen Hälfte des

[1]) Sitzungsber. d. Akad. Wien, Naturw. Kl. Jg. 1895. S. 47.

Mondantlitzes häufiger auf. Das Gruppenförmige ist für sie besonders auffallend. Diese Berge kann man als Gebilde ansehen, „welche dadurch entstanden sind, daß Lava verhältnismäßig langsam aus einem kleinen Schlunde ausfloß und um diesen herum erstarrte, während der Eruptionskanal offen blieb und der Gipfel mit dem Berge höher wurde. Diesen Prozeß kann man sich an einer Wasserfontäne, die während eines starken Frostes spielt, veranschaulichen. Das Wasser gefriert in diesem Falle, sowie es von den Lippen des Mundstücks herunterfällt, zu einem Eishügel, durch dessen Mittelpunkt indessen eine Öffnung für die Flüssigkeit bleibt"[1]).

Diese Formen, echte Tholoiden, werden am Monde trotz ihres gruppenförmigen Auftretens als seltene Gebilde beschrieben. Aber auch auf der Erde gehören sie in der Gegenwart zu den Ausnahmen und sind nur gewissermaßen die Vertreter einer früheren Bildungszeit, die gerade durch diese Tholoiden charakterisiert ist. Da die Mondtholoiden aber nach Nasmyth-Carpenter Höhen bis 5000 m erreichen, so unterscheiden sich auch durch diese Dimensionen die lunaren Gebilde von den terrestrischen.

Nicht durch ihre über das Mittelniveau aufragende Gestalt, sondern durch ihre Längenausdehnung und besondere geographische Anordnung treten die Rillen am Monde in Erscheinung. Sie zeigen sich zwar vorwiegend in den Ebenen, verlaufen aber auch vielfach quer durch die vulkanischen Baue.

Nicht nur das verschiedene geographische Verhalten, sondern auch die Längenausdehnung und anderes hebt sie gegeneinander ab. Diejenigen, welche in den Ebenen zu liegen kommen, zeichnen sich durch ihre besondere gerade Richtung und Länge aus. Diejenigen, welche mehr in den Berggebieten liegen, ändern vielfach plötzlich ihre Richtung, sind im Vergleich zu den ersteren kurz und zeigen sich sehr häufig an einen Kraterberg gebunden, von dem sie divergieren und an dessen Hang sie in das nahe Umland verlaufen.

Dieses verschiedene Verhalten deutet unzweifelhaft auf eine verschiedene Genesis. Während erstere offenbar mit dem Erstarren der rheumatitischen Ergüsse in einem kausalen Zusammenhang stehen, sind letztere auf Explosivvorgänge zurückzuführen, welche auf der Erde ebenfalls in linearer Anordnung zu beobachten sind (Lakispalte, Eldgjá, Tarawera) und welche, wie später gezeigt werden soll, den Schluß der Tätigkeit eines vulkanischen Werdeganges bilden.

Pedioniten (Maria), Aspiten, Tholoiden und Homaten, endlich Koniden treten somit als typische Großformen vulkanischer

[1]) Nasmyth-Carpenter a. a. O. S. 140.

Baue auf dem Monde auf. Die Größenordnung und dann wieder der Mangel aller näheren Detailbeobachtung läßt die Möglichkeit zu, die Formen des Vulkanismus auf dem Monde nach dem Genus zu ordnen, erst die mit verfeinerten Methoden fortschreitende Erkenntnis wird die einzelnen untergeordneten Spezies erkennen lassen. Darin liegt neben anderen auch die große Bedeutung des Studiums vulkanischer Baue des Mondes. So verschieden in den speziellen Fällen die Unterschiede des terrestrischen und lunaren Vulkanismus aufgedeckt werden mögen: gemeinsame Züge, gemeinsame Großformen und gemeinsame Grundrisse sind vorhanden.

Auf beiden Weltkörpern hat die gleiche Erscheinung die gleichen beharrenden Resultate geliefert, auf beiden Weltkörpern wurden die gleichen Baue gezeitigt. Nur mit dem einen Unterschied, daß auf dem wesentlich kleineren Monde die Gebilde gleichsam in demselben Maße wuchsen, während die größere Erde kleinere Gebilde werden ließ[1]).

Die Größenverhältnisse der einzelnen Mondformen, das gegenseitige Lagenverhältnis, die Helligkeit sind Ausgangspunkte geworden, in diese verschiedenen Gebilde eine Chronologie des Werdens und Entstehens zu bringen, die für das Wesen des Vulkanismus von großer Bedeutung ist.

Auf Grund dieser Daten wurde mit einer gewissen Berechtigung folgende Altersfolge für die Gebilde des Mondes festgelegt[2]):

Die älteste Bildung am Monde sind die weiten Maria, die Ebenen. Jünger als diese die ihnen aufgesetzten Berg- und Ringformen. Da man aber nicht beobachten kann, daß die Mondgebirge „in oder durch einen Krater“ laufen, anderseits aber wohl bemerken kann, daß die Ringgebirge auf Bergketten entstanden sind, so sind die „Gebirge“ und die sie wohl zur Gänze aufbauenden und zusammensetzenden Tholoiden des Mondes ältere Bildungen als die Ringgebirge.

Um die Altersfolge der Aspite und Homate am Monde gegenseitig abzuwägen, fehlen weitere genauere Messungen für letztere.

Bei den Pedioniten und den Tholoiden des Mondes sind wohl analog den irdischen Verhältnissen vorwiegend rheumatitische Massen am Aufbau beteiligt. Bei den jüngeren Ringgebirgen, unter denen zwei verschiedene Typen festzulegen sind, dürften nach gleicher Analogie Rheumatitika und Klasmatika herrschend sein. Doch ist bei den Koniden, ebenso wie bei den nur in zwei Fällen

[1]) Dieser fundamentale Gegensatz bei sonstiger Übereinstimmung kann bei genetischen Untersuchungen über die Ursachen des Vulkanismus nicht außer acht gelassen werden.

[2]) Nasmyth-Carpenter a. a. O. S. 161 ff.

sicher nachgewiesenen Homaten, dem Böschungswinkel nach zu urteilen, nur klasmatisches Gestehungsmaterial vorhanden.

Als jüngste Bildung treten die von einzelnen Kraterbergen auslaufenden Rillen auf, die auf eine explosive Entstehung hindeuten.

Pedionite und Homate stehen sich auf der Mondoberfläche als größte Gegensätze gegenüber. Zwischen ihnen stehen Aspite, Tholoide und Konide, von denen sich zurzeit für den Mond noch nicht festlegen läßt, welches von den drei genannten die ältere Bildung ist.

Die hellsten Flecke des Mondes, die sich vielfach innerhalb einzelner Krater finden oder an ihrem äußeren Abhang auftreten, ferner die strahlenförmig von einem Berge auslaufenden Rillen haben der Vermutung Raum gegeben „daß . . . als eine Nachwirkung vulkanischer Tätigkeit . . . auch auf dem Monde ausgebreitete Fumarolentätigkeit gefolgt ist“ [1]).

Die Analyse der lunaren vulkanischen Gebilde zeigt mithin die gleichen Formen, welche als die generellen Grundformen auf der Erde ausgeschieden werden konnten, nur daß die negativen Formen, die Maare, bislang direkt nicht nachgewiesen ist. Wie auf der Erde, so wird künftige Forschung auch am Monde zu dem Genus das jeweilige Spezifikum einzuordnen haben. Aber immer wird festzuhalten sein, daß die Erde und ihr Trabant, der Mond, die gleichen Genera beherbergen.

Nur das Studium der Entwicklung des irdischen Vulkanismus und seiner Baue kann die Lösung bringen, ob die am Monde vermutete und bis zu einem gewissen Grade begründete Altersfolge zu Recht besteht. Ist dies gelungen, so ist die Tatsache, daß sowohl der lunare als auch der terrestrische Vulkanismus in bestimmter Reihenfolge bestimmte gleichartige Baue hervorbringt, ein weiter Fortschritt in der Erkenntnis über das Wesen des Vulkanismus überhaupt.

Die Entwicklung der vulkanischen Erscheinungen der Erde in verschiedenen Phasen seit dem Tertiär

Bei der Aufstellung der morphologischen Typen vulkanischer Baue wurde die Tatsache festgelegt, daß der rezente Vulkanismus hauptsächlich die Konide und Homate zu schaffen vermag. Beide treten gesellig auf, insbesondere gilt dies als Regel für die letztere. Es

[1]) Sueß, E. a. a. O. S. 31.

wurde gezeigt, daß beide Formen sich vielfach über Aspiten aufbauen. Die geologische Untersuchung dieser drei Typen ergibt, daß sich an ihrem Aufbau ein verschiedenes Material beteiligt. Während die Aspite vorherrschend rheumatitische Produkte zu ihrem Werden benötigt, ist die Homate nur durch klasmatisches Material geworden, während die Konide beide Förderungen mit Übergewicht der letzteren zeigt, somit der reinste Vertreter rheuklastischer Baue ist.

In einem früheren Kapitel (III.) wurde bereits darauf hingewiesen, daß sowohl die Rheumatitika als auch die Klasmatika ein verschiedenes Aussehen haben, das nicht immer auf die chemische Zusammensetzung allein zurückgeführt werden kann, sondern durch Erstarrungsverschiedenheiten verursacht wird, die selbst wieder in Temperaturunterschieden begründet sein mögen. Daher wurde dort Wulsten-, Spratz- und Schlackenlava gegeneinander gehalten.

Aber auch die klasmatischen Produkte wurden auf Grund ihrer äußeren Gestaltung in eckiges, rundes und Wulstenmaterial unterschieden und darauf verwiesen, daß diesen klasmatischen Materialien nahezu keine Beachtung in der Lehre der vulkanischen Erscheinungen geschenkt wird.

Beiden Gestehungsarten sollen nunmehr noch einige Ausführungen gewidmet sein, indem letzteren als den für die Gegenwart wichtigeren Gebilden der Vortritt gelassen werden soll.

Klasmatika bauen Koniden und Homaten.

In verschiedener Ausbildung treten die klasmatischen Produkte zur Erscheinung, die eine Homate fügen.

Auf Island sind im Myvatner Staffelland die Fälle zahlreich, daß die dort vorkommenden Homaten aus völlig zerspratzten Laven und Klasmatiken aufgebaut werden, welche beim Zusammenfallen noch eine bestimmte Wärme besessen haben müssen, infolgederer diese Spratzen gleichsam zusammenbuken, zusammenschweißten. Neben diesen selteneren Gebilden treten jene auf, welche echtes klasmatisches Material zusammenfügte. Daraus ergibt sich, daß bei der Homate zwei verschiedene Spezifika auseinander gehalten werden müssen. Die letztgenannten zeigen den durch den inneren Reibungskoeffizienten bedingten Böschungswinkel, welcher sowohl gegen den Innen- als auch gegen den Außenrand festzulegen ist. Bei den ersteren ist dies jedoch keineswegs wahrzunehmen. Die charakteristische konkave Profillinie ist nicht zu beobachten. Die Innenseite ist oft äußerst steil, selbst überhängend, die Außenflanke vielfach der Tholoide nahe (Fig. 13). „Infolge des gesetzlosen Zusammenklebens der einzelnen Lavafetzen und Schlacken sind die Hänge auch mit zahlreichen wulstförmigen Erhebungen und rinnenartigen kurzen Vertiefungslinien bedeckt

und entfernen sich damit weit von der ruhigen einfachen Oberflächengestaltung der Lockerschlackengebilde. Aber auch die Umrisse sind bei den Schweißschlackengebilden viel weniger gesetzmäßig; leicht verschweißen mehrere benachbarte Kraterchen miteinander oder es bildet sich bei spaltenförmiger Ausbruchsöffnung einfach ein länglicher Doppelwall, der aus zusammengeklebten Lavafetzen besteht"[1]).

Solche Homaten beschreibt Spethmann auch aus dem Gebiet der Askja[2]). Auch anderen Gegenden dürften diese Gebilde nicht fremd sein, wenn sie sich auch bisher nicht besonderer Beachtung erfreuten.



Fig. 13. Schlackenkraterberg am Myvatn (Island). Nach Anderson.

Beide Typen, sowohl die Packungs- als auch die Lockerbildung, haben das Gemeinsame darin, daß sich an ihrem Aufbau klasmatisches Material beteiligt, denn auch die Lavafetzen sind im Grunde genommen nur eine Variante der Aschen, Bomben und Lapilli und stehen dem Wulstenmaterial gleich. In beiden Fällen handelt es sich um zerstäubte Produkte und nur die Höhe und Temperatur der ausgeworfenen Materie sorgte für die Form und das Aussehen der erkalteten Masse.

[1]) Sapper, K. Über einige isländische Vulkanspalten und Vulkanreihen. N. Jahrb. f. Min. usw., Jg. 1908. S. 14.

[2]) Ebenda. S. 409.

Diesem zerstäubten Material, diesen echten klasmatischen Produkten wird in der Gegenwart aber nahezu gar keine Beachtung geschenkt und nur, wenn sie in besonders großen Mengen in die Erscheinung treten, wird ihr Vorhandensein notiert und doch sind es gerade diese Tuffe, Sande und Aschen, diese Klasmatika, welche den größten bestimmenden Einfluß auf die Umgebung nehmen.

Sie sind es, die den Atmosphärilien am meisten ausgesetzt sind. Sie sind es, welche das Hauptmaterial der späteren Erdrutsche bilden, welche durch Niederschläge oder Erdbeben ausgelöst als Derrumbos die Silhouette der Talhänge in Ecuador ständig verändern und als Susono als weiter Steinteppich den Fuß der japanischen Feuerberge umgürten. Sie sind es, welche am meisten den Pflanzenwuchs fördern oder hindern. Sie sind es, welche hier kaum dornige Kaktus und Mimosen aufkommen lassen und dort das Land zu einem üppigen Tropengarten umgestalten. Sie sind es, welche gierig in ihrem locker geschichteten Materiale die Niederschläge aufnehmen und so die Grundwasserführung bestimmen, wodurch selbst im Tropengebiete trotz intensiver Niederschläge das Auge weite mit Steppengras bedeckte und wellenförmig ansteigende Abhänge schauen kann, während in den tiefen Wasserrissen plötzlich die ganze Pracht der tropischen Vegetation erscheint. Sie sind es, welche durch ihr zerstäubtes Material weite Wüsten bilden oder auch große Fruchtbarkeit der Landschaft bringen. Sie sind es, welche den größten Teil der rezenten Feuerberge aufbauen und ihnen eine untrügliche Konfiguration geben. Sie sind es, welche den rezenten Vulkanismus besonders charakterisieren.

Die ganze Aufmerksamkeit wird nach wie vor den rheumatitischen Bildungen zugewendet und doch stehen diese im Vergleich der Förderung in den weitaus meisten Fällen weit hinter ersteren zurück oder verschwinden überhaupt.

Leider läßt sich in den seltensten Fällen die genaue Zahl der klasmatischen Massen angeben, welche durch Vulkanausbrüche in die Höhe und auf die Erdoberfläche geschleudert wurden. Nur für wenige Fälle liegen zahlenmäßige Schätzungen und Berechnungen vor.

Die Aschenmassen, welche der Mt. Pelée bei seinem letzten großen Ausbruch innerhalb von 24 Stunden mit den Dampfwolken gefördert hat, werden von J. C. Russel auf 10368 Mill. m^3 geschätzt. Die Auswurfsmassen, die der Wallibu river allein innerhalb 10 Monate aus seiner Talschlucht forttrug, berechnete E. O. Hovey[1]) mit 135 Mill. m^3. Die Auswurfsmassen des Krakatoa im Jahre 1883 schätzt

[1]) Nach K. Sapper. Die vulkan. kleinen Antillen. N. Jahrb. f. Min. usw., Jg. 1904. S. 1—70.

Verbeek[1]) auf 18000 Mill. m^3. Junghuhn[2]) gibt für die klasmatischen Produkte des Temboro im Jahre 1815 eine Menge von 300000 Mill. m^3, eine Zahl, welche Verbeek auf etwa die Hälfte reduzierte. Der G. Pepandajan hat nach ersterem im Jahre 1772 eine Menge von 26,4 km^3 gefördert, der G. Guntur 1843 etwa 2,37 km^3, der G. Gelungung 1822 nicht weniger als 1,5 km^3, im Jahre 1893 etwa 22 Mill. m^3. Der im gleichen Jahre tätige Azuma-San[3]) warf 50000 m^3 klasmatisches Material von sich, während der Kobandai im Jahre 1888 1,213 km^3 förderte. Der Coseguina spie 1835 nach Reclus 50 km^3 aus und die Bewohner von Nicaragua benannten dieses Jahr „año de la polvazon", das Aschenjahr[4]). Die gleiche Menge soll der Vulkan St. Maria in Guatemala 1902 von sich gegeben haben[5]). Die Klasmatika, die im Jahre 1886 beim Ausbruch des Tarawera ausgestoßen wurden, bedeckten ein Gebiet von rund 16000 km^2 und ihre Masse wurde mit 166 km^3 geschätzt[6]).

Die klasmatischen Produkte, welche bei dem Ausbruche des Vesuv im Jahre 1906 über die Oberfläche zerstreut wurden, berechnete Sabatini[7]) mit 211 Mill. m^3, eine Zahl, welche nach seiner eigenen Angabe hinter der Wirklichkeit zurücksteht. Die äußerst spratzige Lava, welche zugleich gefördert wurde, wird von Mateucci auf 10 Mill. m^3, von Mercalli auf das Doppelte veranschlagt. Sie ist selbst im günstigsten Falle kaum der zehnte Teil der ersteren.

Am Vesuv ist diese Form in der Geschichte seiner Ausbrüche keine Seltenheit. Nach der Heftigkeit der explosiven Form vergleicht ihn Mercalli[8]) mit denen des Jahres 79, 1631, 1737, 1779, 1794, 1822. Auch die kleineren Ausbruchsbetätigungen des Vesuv zeigen ein heftiges Auftreten der Ascheneruptionen, so daß man an dem am besten bekannten Vulkan der Erde die wichtige Tatsache festlegen kann, daß bei ihm die klasmatische Ausbruchsart in der Gegenwart die herrschende ist.

Auch der Ätna verrät die gleichen Unterschiede zwischen den beiden Produktionsarten im Laufe der letzten Jahrzehnte[9]).

---

[1]) Verbeek, R. D. M. Krakatoa. Batavia 1886. — Java. Amsterdam 1896.

[2]) Junghuhn. Java, seine Gestalt usw. 3 Bd. Leipzig 1857. 1. Bd. S. 640.

[3]) Tschermaks mineral. Mitt. Jg. 1896. S. 365 ff. — Naumann, E. Beiträge . . . a. a. O. S. 12.

[4]) Mercalli, G. I vulcani attivi. Mailand 1907. S. 144.

[5]) v. Knebel, W. Der Vulkanismus. Osterwieck, Harz. S. 22.

[6]) Johnstone. Die vulk. Erscheinungen auf Neuseeland. Bericht d. naturw. Vereins zu Regensburg. IX. H. Regensburg 1903. S. 31.

[7]) Bolletino del R. comitato geol. d'Italia. Jg. 1906.

[8]) Mercalli, G. La grande eruzione vesuviana dell'Aprile 1906. Florenz 1906. S. 17.

[9]) Mercalli, G. I vulcani . . . S. 167 ff.

Diesen rein historischen Tatsachen treten eine Reihe geologischer Befunde zur Seite. Wie schon seinerzeit Junghuhn, so haben insbesondere wieder Verbeek-Fennema darauf hingewiesen, daß das Material der Vulkanbaue der Gegenwart auf Java hauptsächlich aus Lockermaterial bestehe. Lavaströme gehören zur Ausnahme. Es is dies umso beachtenswerter, als für die ältere, diluviale Zeit rheumatitische Bildungen bekannt sind und der heutige Vulkanismus Javas nur eine Fortsetzung des tertiären bildet, dessen Tätigkeit aber gerade im Diluvium besonders einsetzt und die mächtigen Koniden im Grundgefüge schuf[1]).

Die „Ströme", Lahars, Bandjirs genannt, welche Javas Vulkane schaffen, sind Steinströme, d. h. die Rheumatitika sind völlig aufgelöst und verhalten sich in ihren Äußerungen wie Muren. Aus der historischen Zeit ist von Rheumatitiken nur der kurze Strom sicher nachgewiesen, der am 23. Mai 1901 vom Kelut gegen SE. zu Tale ging. Doch war auch er auffallend klein und in keinem Verhältnis zu den Klasmatiken, welche Samarang von 9^h a. m. bis 2^h p. m. in völlige Dunkelheit legten und noch am Abend als „dichter Staubregen" niedergingen[2]).

Der Piperno-Krater und seine Trabanten, die jüngsten Bildungen Italiens — von dem noch tätigen Vesuv abgesehen — sind fast durchweg nur aus klasmatischem Materiale gefügt[3]). Der Kammerbühl in Böhmen, der noch im Diluvium tätig war[4]), läßt in den weiten künstlichen Gruben die deutlich geschichteten Sande und Aschen erkennen, welche ihn zum größten Teile aufbauen. Im Vergleich zu ihnen tritt der vorhandene Lavastrom in den Hintergrund. Die Eifeler Vulkane sind vorwiegend klasmatischer Natur und das gleiche gilt für die jüngsten Bildungen der Auvergne, Spanien usw. In den Vulkanbergen Südamerikas zeigen sich zwar an einzelnen Stellen recht bedeutende Lavafelder, aber aus historischer Zeit sind keine Ergüsse berichtet und die meisten der Feuerberge sind bis zum Gipfel hinauf durch ihre Unmassen von Tuff- und Schuttablagerungen auffallend. Japan, die kleinen Antillen, die Kurilen u. a. sind wertvolle Gegenstücke. Die späteren Ausführungen bringen die betreffenden Belege. Die Geschichte jedes einzelnen größeren Vulkangebietes bringt dafür den Beweis.

Bei diesen klasmatischen Bildungen spielen Gasmassen eine bedeutende Rolle. Diese lassen sich zurzeit überhaupt nicht messen noch

[1]) Verbeek, R. D. M. u. Fennema, B. Description géologique de Java. Amsterdam 1896. S. 1016 bezw. 986. Bezüglich der historischen Lavaergüsse heißt es ausdrücklich: Toute fois on ne connait avec certitude que celles du Lemongan, du Semerou et du Gountuor.

[2]) Du Bois, G. Die Kelut-Eruption vom 23. Mai 1901. P. M. 1902. S. 44f.

[3]) Stefani, C. de. Die phlegräischen Felder bei Neapel. E. H. Nr. 156. P. M. 1907.

[4]) Schneider, K. Zur Orographie und Morphologie Böhmens. Prag 1908. S. 221.

auch nur annähernd schätzen. Gering sind sie jedenfalls nicht. Die Vermutung dürfte zu Recht bestehen, daß sie umso größer sind, je feiner die Klasmatika, je größer ihre Menge und je höher diese in die Atmosphäre geschleudert werden.

Die Gasmassen beeinflussen auch das *Aussehen* und *Gefüge* der rheumatitischen Produkte, wobei naturgemäß die *Konsistenz* selbst wieder mitbestimmend ist, welche wieder mit den Temperaturverhältnissen in einem bestimmten Zusammenhang stehen. *Ist die Masse leichtflüssig, so können die Gase ungehindert verflüchten. Ist sie zähflüssig, so wird dies unter mehr weniger heftigen explosiven Vorgängen vonstatten gehen.* Dadurch wird die Lava im Aussehen schwammig, an der Oberfläche porös, zackig und spratzig. Im ersteren Falle ist das Gefüge ein dichtes, die Oberfläche eben, flach und nur Wulsten und Schnüre sind festzulegen.

Es ist naheliegend, diesen rein äußerlichen Unterschied zu beachten, zumal zwischen der flachen und zackigen Lavaform nicht nur ein *äußerer Unterschied besteht, sondern vor allem ein zeitlicher* und zwar derart, daß die *Zacken(Spratz-)lava gegenüber der Fladen(Wulsten-)lava die jüngere Form darstellt.*

Vielfach wechseln selbst in dem gleichen Gebiet zum Teil beide Laven miteinander ab, wie z. B. am *Vesuv*. Aber, wenn man die einzelnen Fälle in ihrer Gesamtheit betrachtet, so bleibt doch das Hauptergebnis, daß die Zackenlava und die ihr nahe stehende Schlackenlava das jüngere Produkt ist. *Nach den* soeben angeführten Gründen *stehen diese somit zwischen der Fladenlava und dem klasmatischen Material, so daß sich folgende Entwicklungsreihe der Förderungsprodukte des rezenten Vulkanismus ergibt.*

1. Fladenlava	rheumatitische Förderung.
2. Zacken- und Schlackenlava	
3. Schweißschlacke	klasmatische Förderung.
4. Bomben-Aschen	

Aus dieser Zusammenstellung zeigt sich deutlich die nahe Verwandtschaft, welche zwischen der eigentlichen Schlackenlava und der Schweißschlacke besteht, die selbst wieder nur eine Abart des oben ausgeschiedenen Wulstenmaterials klasmatischer Förderung ist.

Schlackenlava und Schweißschlacke bilden das Zwischenglied der beiden Hauptförderungsarten vulkanischer Paroxysmen.

Die Entwicklungsreihe ist zugleich die der Altersreihe, doch so, daß nicht etwa nur in dieser angegebenen Reihenfolge die Produkte in die Erscheinung treten können und müssen, sondern vielfach werden der

Fladenlava (1) reine Bomben- und Aschenausbrüche (4) folgen, desgleichen kann 2 von 4 abgelöst werden. Immer aber bleiben 3 und 4 die späteren jüngeren und nirgends läßt sich zeigen, daß auf 3 oder 4 nur 1 folgt. Wohl aber wird 1, wo es heute noch ein Ausbruchsgebiet charakterisiert (Hawaii, Samoa), immer wieder von 2—4 unterbrochen, um endlich auch hier durch 3 und 4 abgelöst zu werden, wodurch das Ende der Tätigkeit des Eruptionsgebietes gekennzeichnet ist. Gerade das Gebiet von Hawaii ist für diese Ausführungen ein klassisches Beispiel, wie später gezeigt werden wird.

Ist für das Studium der klasmatischen Produkte die Gegenwart mit ihren vulkanischen Neubildungen geeignet, da sie ganz durch diese Förderart ausgezeichnet wird, so ist für die Untersuchung der rheumatitischen Gebilde nicht so sehr die neueste Zeit, sondern vielmehr die frühere vorhistorische Epoche heranzuziehen. Zwischen dem Aussehen solcher im Entstehungszeitalter verschiedener Ströme besteht ein tiefer Gegensatz. Er ist geeignet die Erkenntnis zu bringen, daß historische Ausbrüche auch noch so genau verzeichnet nach Länge und Gestalt der Ströme doch nicht genügend sind, um eine Entwicklung des in Frage stehenden Phänomens erkennen zu lassen. Erst ein Vergleich solcher verschiedener Ströme deckt die Tatsache auf, daß der oben gegeneinander gehaltene Unterschied der rheumatitischen Förderungen vor allem ein zeitlicher ist, daß Fladen- oder Wulstenlava gegenüber der Spratz- (Zacken-) und Schlackenlava nicht nur nach dem morphologischen Habitus, sondern vielmehr nach dem zeitlichen Momente beurteilt werden muß. Daher seien nunmehr diesen Gebilden einige weitere Ausführungen geschenkt.

Zwischen der Fladen- (Wulsten-) und Zacken- (Spratz-) lava bestehen nicht nur Unterschiede nach der äußeren Form eines Stromes im kleinen, sondern im Gesamthabitus.

Der Isländer hat genügend Gelegenheit vorhistorische und historische Lavafelder zu beobachten, beträgt doch das Areal sämtlicher postglazialer Ergüsse nach Th. Thoroddsen[1]) 11000 km², d. i. etwas weniger als die Fläche von Österreich o. d. E. Diese verschiedenen Ströme zeigen eine verschiedene Gestaltung, für welche auch der Isländer eigene Bezeichnungen hat. Er unterscheidet die Helluhraun (spr. hedlühräun), d. i. Fladenlava, und Apalhraun, d. i. Zackenlava. Ein typischer Vertreter der ersteren ist die Hallamundahraun im Inneren Islands (Fig. 14). Die Masse dieser vorhistorischen Lava schätzt Thoroddsen auf rund 10750 Mill. m³. In ihrer Gesamtheit erscheint sie dem Auge flach und eben und von weitem auch gut passierbar. Beim Näherhinzutreten zeigt

[1]) Thoroddsen, T. Island a. a. O. S. 138.

sich aber, daß ihre Oberfläche aus großen, mächtigen, nur wenig starken Platten besteht, welche teilweise übereinander liegen oder auch gegeneinander stoßen wie die Schollen von Eis bei anhebender Schmelze. Partienweise sind aber keinerlei derartige abgehobene Platten wahrzunehmen, sondern man geht überhaupt völlig frei und unbehindert über Hunderte von m^2 auf der ebenen Lava.

Dieser Laventyp hat auf seiner Oberfläche durchwegs bald stärker bald schwächer ausgebildete Wülste und Schnüre, welche mit ihrer Stirnseite in der Richtung des ehemaligen Fließens liegen und gegen die Mitte in der Regel etwas höher sind als am Rande ihres Absetzens. Dadurch ist nun diese Hellnhraun besonders



Fig. 14. Prähistorischer Lavaerguß im Innern Islands. Die Hallamundahraun mit dem Eiriksjökull. Typus der Helluhraun.

charakterisiert, daß durch sie und in ihr zahlreiche Spalten und Rillen hindurchziehen. Sie zeigen zumeist eine bestimmte Hauptrichtung, lassen sich vielfach bis auf mehrere Kilometer verfolgen, wobei die Breite in der Lichtung von wenigen Dezimetern bis auf einige 10 m wechseln. Nachträgliche jüngere Überflutungen — seltsamerweise lassen diese Lavawüsten keinerlei Spuren eines gleichzeitigen klasmatischen Ausbruches erkennen — füllen die Spalten aus, fließen unter der erstarrenden Decke weiter und werden Veranlassung zur Entstehung von Höhlen. Die in diesen Höhlen von den älteren Wandungen scharf absetzenden jüngeren Erstarrungskrusten deuten unverkennbar darauf hin, daß im Erkaltungsstadium nicht Aus-

dehnung, sondern Zusammenziehung erfolgt. Ein bekanntes derartiges Beispiel ist die Surturshellir[1]), welche mitten in der Hallamundahraun liegt.

Diese offenen Spalten bezeichnet der Isländer Gjá (spr. Gjau). Allmannagjá und Hrafnagjá in dem Skjaldbreider Stromende sind bekannte Beispiele.

Ganz anders geartet ist die zweite Form: die Apalhraun, d. i. Spratz-Zackenlava. Wohl alle in historischer Zeit gewordenen Lavafelder zeigen diese zweite Ausbildungsform (Fig. 15, 16). Diese „verkörpert ein chaotisches Gewirr schwarzer, oft schneidend scharfer Zacken, Spitzen und Kanten. Im Becken der Askja ist ausschließlich dieser Typus zu sehen, ebenso größtenteils an dem Lavastrom im Askja Op“ [2]). Partienweise insbesondere gegen den Rand, selten auch mitten drin treten an einzelnen Apalhraunströmen kleinere Flecken Helluhraun auf.

Diese nehmen aber nie mehr als wenige m^2 für sich in Anspruch, doch läßt typische Apalhraun diese Fladeninselchen nirgends erkennen, so daß solche Ströme von Zackenlava, welche auch die andere Form allerdings in weitaus untergeordneter Ausdehnung zeigen, gewissermaßen eine Mittelstellung einnehmen. Nur in der Apalhraun kommen jene kleinen bis mehr als Mannesgröße erreichenden Hornitos zur Gestaltung und nur innerhalb oder nahe dabei finden sich die Schweißschlackenpackungen, welche die eigene Zwischenstellung zwischen rheumatitischen und klasmatischen Bildungen einnehmen.

Es ist unmöglich über solch ein zackiges, spratziges Feld mit all seinen Spitzen und Nadeln hinwegzukommen (Fig. 15). Nur wenig kühler brauchte die rheumatitische Konsistenz zu sein, die 1906 vom Vesuv aus ihren Weg zu Tal genommen hat, um die Form anzunehmen, welche die Zackenlava besitzt (Fig. 16), etwas wärmer die rheumatitische Masse, welche den Georgios auf Santorin vor Stübels und v. Fritschens Augen werden ließ, um das gleiche Aussehen zu haben, das die Apalhraun Islands aufweist. An die Apalhraun Islands erinnern vielfach die Ströme, welche z. B. vom Puy de Nugere gegen Volvic geflossen sind oder vom Puy noire den Weg in die Umgebung des heutigen Clermont-Ferrand nahmen.

Den Schilderungen Stübels ist zu entnehmen, daß die Zackenlava im Tiret-el-Dulul die herrschende ist, während die Fladenlava auf dem Inselchen Chlebalkin in der Mitte der Tarjinskajabucht „der

---

[1]) Schneider, K. Beiträge zur physikalischen Geographie Islands. Peterm. Mitt. Jg. 1907. Heft 8.

[2]) Spethmann, H. Vulkanologische Forschungen im östlichen Zentralisland. N. H. Jg. 1908. S. 411. — Sapper, K. Über einige isländische Vulkanspalten. Ebenda S. 23.



Fig. 15. Historischer Erguß aus der Hekla. Typus der Apalhraun (Zackenlava).



Fig. 16. Lavaerguß vom Jahre 1906 am Vesuv. Die Physiognomie des Stromes ist die der Apalhraun.

in Kamtschatka vielleicht einzige Fall dieser Art" ist[1]). Der Zackenlava nahe verwandt sind jene Lavatrümmer, welche auf Java zu beobachten

[1]) Bogdanowitsch a. a. O. P. M. S. 197.

sind, „die bloß glühend erweicht aber nicht ganz feurig ausgeworfen wurden“, die nicht erst beim Erkalten zerspalteten, „sondern wirklich lose schon von Anfang an getrennte Stücke (sind), die, weil sie scharfeckig sind, entweder kalt oder doch nur rotglühend vom Gipfel herabkommen konnten“ [1]).

Island analoge Verhältnisse herrschen auf Réunion, der interessantesten Vulkaninsel der Erde. Scharf und deutlich werden dort Fladenlaven abgehoben gegenüber einer wild durcheinander geworfenen Lava — von den Bewohnern graton bezeichnet — „die fast ungangbar zu nennen ist“. „Schon von weitem kann man die beiden Lavaarten an ihren verschiedenen Färbungen und Äußerem unterscheiden. Beide Lavaarten treten neben- und übereinander auf, aber nie an ein und demselben Strom“ [2]). Gerade auf dieser Insel tritt die Fladenlava in den älteren Bildungen besonders auf, während die spratzige die jüngeren Ausbrüche auszeichnet, welche sich durch klasmatische Auswürfe überdies gegenüber den älteren Paroxysmen besonders abheben [3]).

Dem scharfen und genauen Beobachter v. Hochstetter war es nicht entgangen, daß sich auf St. Paul im indischen Ozean „die jüngsten Lavaströme durch eine mehr poröse schlackige Struktur unterscheiden“, daß gerade diese Lavaströme oftmals kleine aufgestaute Felskegel zeigen (Hornitos) und daß auch dort der jüngsten Ausbruchsperiode kleine Schlackenwälle (Homaten) zu verdanken sind [4]).

Durch Dutton wurde bekannt, daß das große Vulkangebiet der Erde, Hawaii, zwei grundverschiedene Lavaströme erkennen läßt, von denen die eine — ältere — Form von den Bewohnern pa-hó-e-hó-e genannt wird, die andere aber a-a. Grundverschieden ist die äußere Gestaltung der beiden. Die erstere erscheint so, als brächte ein Heer von Riesen „to a common dumping ground enormous caldrons of pitch and turning them upside down, allowing the pitch to run out, some running together, some being poured over preceding discharges, and the whole being finally left to solidify. The individuality of each vessel full of pitch might be half preserved, half obliterated. The surface of the entire accumulation would be embossed and rolling, by reason of the multiplicity of the component masses, but each mass by itself

[1]) Junghuhn, K. Java II. S. 250 und 305.

[2]) v. Drasche. Die Insel Réunion. Wien 1878. S. 46.

[3]) Bei Besprechung der Entwicklung einzelner Vulkangebiete wird sich Gelegenheit bieten, die hier im einzelnen lose geknüpften Ausführungen im besonderen Falle zu überschauen.

[4]) v. Hochstetter, F. St. Paul. Reise Sr. Maj. Fregatte Novara um die Erde. II. Bd. S. 54—56.

would be slightly wrinkled. Yet, on the whole, smooth, involving no further impediment to progress over it than the labor of going up and down the smooth-surfaced hummocks.“

Ganz anders die a-a. Sie besteht vorwiegend aus Scherben, von denen einzelne lose daliegen, andere wieder teilweise zusammengebacken sind und mit den scharfen Schneiden nach oben starren, spitzig und gezähnt, als wäre über das Ganze ein Haufwerk eckiger Brocken gestreut worden. „The aspect of one of these a-a streams is repellent to the last degree, and may without exaggeration be termed horrible“ [1]). Russel hat für Amerika weitere Beispiele für beide Lavaarten erbracht [2]). Die jüngsten Lavamassen aus dem Inneren Afrikas beschreibt v. Höhnel als sehr bizarr. „Der Lavastrom (am Teleki-Vulkan) fällt an den Rändern ziemlich scharf ab, war daher zähflüssig; seine Oberfläche zeigt alle Wellenformen und Windungen einer erstarrten wogenden See. Die Lava ist schwarz, porös und umschließt Blasenräume von oft mehreren Metern Durchmesser; teilweise sind diese eingestürzt und zeigen im Innern messerscharfe Spitzen, wodurch die Passage über die Lava zu einer schwierigen und gefährlichen Sache wird. Die Schuttmassen bestehen aus kopfgroßen koksähnlichen Gesteinstrümmern“ [3]). In dem heute nur durch pneumatitische Ausbrüche bekannten Vulkangebiet nördlich des Njassasees wurden im Pliozän (?) aber sicher zu Beginn der vulkanischen Aktion überhaupt zunächst rheumatitische Massen gefördert. Sie schufen weite Ebenen. Über ihnen bauten sich nachträglich einzelne rheuklastische Feuerberge auf, unter denen der Kiejo und Rungwe die wichtigsten Zentren darstellen [4]). Andere Vulkangebiete der Erde werden weitere Belege dafür bringen, sobald dieser Erscheinung die nötige Beachtung geschenkt wird, daß die rheumatitischen Förderungen vulkanischer Paroxysmen zwei Hauptgruppen erkennen lassen, von denen selbst wiederum die spratzige, zackige die jüngere ist.

Für die Beurteilung des Wesens und der Entwicklung des Vulkanismus ist diese Erkenntnis von größter Bedeutung. Sie zeigt, daß in der Gegenwart nicht nur die klasmatischen Förderungen im Vordergrunde stehen, sondern daß auch die noch auftretenden rheumatitischen Ergüsse eine Abstufung zeigen, von der Art, daß die kühleren spratzigeren die jüngeren sind.

---

[1]) Dutton, E. C. Hawaian volcanoes. An. Rep. of the U. St. geolog. Surv. 1882/83. S. 95.

[2]) Russel, J. C. Volcanoes of North-Amerika. New York 1897. S. 61 a. a. O.

[3]) v. Höhnel, Rosiwal, Toula u. Sueß. Beiträge zur geol. Kenntnis d. östl. Afrika. Denkschr. d. Ak. d. Wiss. Wien 1891. S. 454.

[4]) Simmer, H. Der aktive Vulkanismus in Afrika. S. 107.

Dazu kommt nun, daß das Volumen der Lavaströme der Gegenwart nicht entfernt an jene Zahlen heranreicht, welche die klasmatischen Paroxysmen zustande bringen.

Noch die weitaus größten Lavamassen lieferte in historischer Zeit Island. Th. Thoroddsen[1]) hat bereits vor längerem versucht, die Volumina dafür festzulegen und kam dabei zu folgenden Zahlen:

Laki (1783)	12320	Mill. m^3
Eldgjá (ca. 930)	9325	„ „
Leirhnúkur (1725—29) . . .	975	„ „
Hekla (1845)	432	„ „
Sveinagjá (1875)	300	„ „
Bjarnarflag (1725—28) . . .	25	„ „
Dalfjall (1728)	11,2	„ „
Hrossadalur (1728)	6,65	„ „

Danach brachten nur zwei der historisch bekannten Ausbrüche Massen hervor, welche 9 bezw. 12 km^3 erreichten, alle anderen bleiben weit darunter zurück. Weit werden sie von den oben angeführten wenigen Beispielen klasmatischer Förderung überragt, weit auch von den Massen rheumatitischer Ergüsse, welche auf Island in vorhistorischer Zeit aber noch im Alluvium (Postglazial) gefördert wurden. Sie sind beredte Zeugen für das Nachlassen der rheumatitischen Förderart in der Gegenwart überhaupt.

Auch für prähistorische Ausbrüche hat Thoroddsen die Zahlen zu geben versucht. Nach ihm betragen danach die

Veidivatnahraun	43160	Mill. m^3
Frambruni	23250	„ „
Hallamundahraun	10750	„ „
Randhólar	2200	„ „
Búdahraun	600	„ „
Barnaborgahraun	500	„ „
Berserkjahraun	400	„ „
Brókarhraun	200	„ „
Svelgsárhraun	135	„ „

Die Abnahme der vulkanischen Tätigkeit vom Tertiär bis zur Gegenwart, selbst vom Diluvium bis zum heutigen Tage und die damit gleichzeitig Hand in Hand gehende verschiedene Förderungsart zeigen nicht nur große Vulkangebiete, sondern selbst einzelne Vulkanberge.

[1]) Island. I. E. H. 152. P. M. S. 139.

So befand sich der 660 m ü. d. M., aber nur 400 m rel. hohe Masaya in der Zeit seines Bekanntwerdens in einem Stadium der rheumatitischen Förderung. Das ganze 16. Jahrhundert und noch das folgende bis zum Jahre 1670 verharrte der Vulkan in dieser Tätigkeitsphase. Durch volle hundert Jahre stellte er nunmehr überhaupt jede Tätigkeit ein. Das Neuerwachen 1772 leitete die klasmatische Förderung ein, durch welche der Berg heute noch ausgezeichnet ist. 1853, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1888, 1902, 1903, 1904 sind Jahre, welche bedeutende Explosionsausbrüche erkennen ließen[1]).

Der Rangitoto bei Auckland hat nach v. Hochstetters Beschreibung einen mit 4—5" mächtig ansteigenden aus schwarzer Basaltlava aufgebauten aspitischen Unterbau. Darüber erhebt sich mit einem Böschungswinkel von 30—33° ein Aschen- und Schlackenkegel, aus dessen Mitte sich eine zweite Homate mit 33—34° erhebt, welche zur Gänze aus klasmatischen Produkten aufgeführt ist[2]).

Der Vulkan Miharayama, der die Insel Oshima geschaffen, hat eine Entwicklung genommen, welche J. Friedländer aufdeckte[3]). Dieser Vulkan gehört mit seinen ältesten Resten dem Tertiär an. Diese sind durch Andesite an der Ostküste vertreten. Ob diese rheumatitischen Ergüsse einem oder mehreren Eruptionszentren entstammen, ist zunächst belanglos.

Entlang der Längsachse der Insel erfolgten die nächsten Ausbrüche. „Dünnflüssige, dem Basalt sehr nahestehende olivinhaltige Augitandesitlaven ergossen sich reichlich.“ Eine Reihe von Seitenausbrüchen erfolgte. Zu dem ältesten dieser Art gehört Habu. Futagoyama und Itonoichi sind etwas jünger.

Eine weitere Entwicklung nahm der Berg in prähistorischer Zeit. „Im Zentrum der Insel bildete sich durch Explosion oder auch durch Einsturz infolge von seitlichem Abfließen der unter dem Berggipfel vorhandenen flüssigen Lava ein großer ovaler Krater. Aschenausbrüche, Tuffbildungen usw. fangen an, neben den Lavaergüssen eine größere Rolle zu spielen.“ Dieses Schauspiel sahen Menschen. Denn durch Laven dieser Epoche wurden Reste der jüngeren Steinzeit bei Onahama nahe Nomashi bedeckt.

Die historische Zeit setzt ein. „Eine oder mehrere heftige Explosionen verändern den zentralen Krater; er büßt seinen Ostwall ein. Breccien, Agglomerate, Tuffe usw. überwiegen immer mehr. Der

---

[1]) Mercalli, G. I vulcani attivi . . . S. 355f.

[2]) v. Hochstetter a. a. O. S. 168. — Großer, P. Verhandl. d. naturhist. Ver. f. d. Rheinl. Jg. 1904. S. 37ff.

[3]) Friedländer, J. Über einige japanische Vulkane. Mitt. d. d. Gesellsch. f. Natur- u. Völkerkunde Ostasiens. Bd. 12, Teil 1. S. 56f. Tokyo 1909.

Lavaerguß beschränkt sich meist auf kleine Ströme des Zentralkraters. Es bildet sich ein innerer Lava- und Schlackenkegel mit sekundärem Krater, der Mihara. Parasitische Schlackenkegel ohne Lavaerguß oder nur mit geringem Lavaerguß (Takenotaira, Hikubo) bilden sich. Große Schlammströme, Aschenfälle mit Regen usw. treten auf." Die Energie scheint abzunehmen.

Eine dem Miharayama (Oshima) ähnliche Entwicklungsgeschichte hat der Miyakeshima genommen, „nur sieht man hier nichts von dem Sockel, auf dem sich der Vulkan erhebt". Dazu kommt, daß der Feuerberg noch in einem „jüngeren Stadium" verharrt: „Die Aschenmengen bei den jüngsten Eruptionen sind noch nicht so gesteigert, wie bei Oshima, und es wird immer noch Lava in nicht unerheblicher Menge gefördert" [1]).

Bei der Beschreibung der Feuerberge Kamtschatkas kommt Bogdanowitsch bei dem Ainelkan zu dem Schlusse, daß das Ende der Eruptionen „hauptsächlich von Ausscheidungen lockerer Produkte begleitet worden ist. Andere Schöpfungen dieses Teiles des Mittelgebirges (Lentongei, Krassnaja Ssopka) haben ersichtlich mit dem nämlichen Stadium der Entwicklung abgeschlossen" [2]).

v. Hochstetters Beschreibung der Insel St. Paul läßt erkennen, daß die ganze Insel in ihrer Gesamtheit einen aspitischen Bau mit kaum bis 10° ansteigendem Böschungswinkel bildet, daß am Rande dieses alten rheumatitischen Baues steile 25—35° erreichende Homaten zur Entwicklung kamen und möglicherweise sogar erst im 18. Jahrhundert entstanden [3]).

Für das Studium der Entwicklung der Formen vulkanischer Baue und des Vulkanismus überhaupt sind nicht gerade die heutigentags als „tätig" anzusprechenden Feuerberge die geeignetsten Objekte, sondern jene, welche „erloschen" sind, deren Tätigkeit aber geologisch nicht allzu fern liegt. Wohl am besten eignen sich jene Gebiete, welche als Inseln dem Meere entsteigen oder die auf dem festen Lande durch ihre isolierte Lage gute Aufschlüsse bereiten. Daher mögen zu den bisher behandelten Vulkangebieten noch einige andere angereiht werden.

Die Maskarenen. Die beiden Hauptinseln der Maskarenengruppe Réunion und Mauritius sind auf einem gemeinsamen Sockel aufgebaut, zu dem das Lot zwischen beiden kaum auf 2000 m herabsinkt. Beide Inseln umfassen 3893 km² und sind zur Gänze aus vulkanischem Materiale aufgebaut. Nur auf Mauritius stehen ältere

[1]) Ebenda. S. 69.

[2]) Bogdanowitsch. P. M. 1904. S. 219.

[3]) Reise S. M. Fregatte Novara um die Erde. II. Bd. S. 39ff.

Schiefer an und an der heutigen Ufergestaltung haben Korallenbauten einen wesentlichen Anteil. Das kleine Rodriguez, das ebenfalls zu dieser Gruppe gehört und wohl mit Mauritius gleichalterig sein dürfte, ist heutigen Tages völlig aufgelöst. Ein Gewirr von Korallenbildungen und kaum 400 m hohen Lavaklippen ist der Rest eines früher zusammenhängenden Baues.

Von den beiden Hauptinseln ist Mauritius die ältere. Ihr Kulminationspunkt, der Black river Hill ist mit 830 m der höchste Punkt. Feldspatbasalte sind es hauptsächlich, welche sich am Aufbau der Insel beteiligen. Erosion und Denudation haben dazu beigetragen, daß die Oberflächenformen stark zerstört sind[1]). Soweit sich erkennen läßt, fallen die Laven im Norden, Nordwesten, Westen und Südwesten gegen das Meer. Doch nur an wenigen Punkten ist es möglich, den Ursprung der rheumatitischen Ergüsse, welche die äußere Form der Fladenlava erkennen lassen, festzulegen. Als solche ergaben sich für die mächtigen Lavafelder des Canton of Pamplemousses — allem Vermuten nach die jüngsten Bildungen der Insel — drei kleine Kegel: der Butte des Papayers, Mt. Baubalot und le Piton. Wohl treten auf dem inneren Hochlande eine Reihe isolierter Berge auf, aber diese sind entweder ausgewitterte Gangstücke oder rheumatitische Durchbrüche. Selbst in dem Trou aux cerfs, der auf dem inneren Hochlande steht und „der unverkennbare Rest eines Kraters ist . . . bestehen die Wände (nur) aus doleritischen Laven“. Allenthalben fehlen Tuffe und nur an einer einzigen Stelle bei der Farm Chamarel unweit des Black river Hill sind solche beobachtet worden. Aber erst unter dem Mikroskope offenbaren sie sich als solche. Auf den unverkennbar gehobenen Küsten wechsellagern vielfach Laven mit Korallenbänken, wie schon Ch. Darwin in seinen „geological observations“ berichtete.

Nirgends wird von Zwischenlagern klasmatischer Natur gesprochen. Die Zuckerplantagen werden in dem verwitterten Produkte rheumatitischer Ergüsse gehütet und gepflegt, über echtem eluvialem Humus floß spätere Lava. Nirgends geschieht Erwähnung von Schlackenkegeln, -bergen, Homaten, Explosionsröhren oder dgl., denn selbst das kleine grand basin östlich vom Black river Hill ist nicht mit letzteren in Verbindung zu bringen. Die immer wiederkehrende Beobachtung, daß die Laven nur wenig geneigt sind, im Innern der Insel sogar nahezu

[1]) Die Darstellung erfolgt hauptsächlich nach v. Draschs scharfen und genauen Beobachtungen. (Die Insel Réunion [Bourbon] im indischen Ozean. Wien 1878.) Einige wenige Angaben sind entlehnt der Zusammenstellung H. Simmers. Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den afrikanischen Inseln. München 1906. S. 178—180 und P. Großer, Sitzungsber. d. niederrh. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde Bonn. 56. Jg.

horizontal liegen, die geringe Höhe der Insel ü. d. M. gegenüber der 1914 km² großen Grundfläche, welche auffallend kreisförmig gestaltet ist und nur durch spätere Hebungen und Korallenbauten etwas länglich geformt wurde, lassen die Vermutung nahe kommen, in Mauritius eine von der Erosion und Meeresbrandung stark beeinflußte Aspite zu sehen, bei der rheumatitische Ergüsse im Vordergrunde standen bezw. überhaupt nur zur Entwicklung kamen.

Das Alter der Insel läßt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Sie dürfte zwischen dem Ende des Tertiärs bis zum Diluvium hin entstanden, jedenfalls jünger als das völlig aufgelöste Rodrignez und doch wieder höchstens gleichalterig mit den ersten Anfängen von Réunion sein.

Waren bei ihr nur exogene Kräfte an der äußeren Gestaltung beteiligt, so wurden bei der 170 km entfernten Insel Réunion tektonische Verhältnisse bestimmend, welche die älteste Form verwischten.

Zwischen diesen beiden Hauptinseln, mehr zu Mauritius gelegen, kündet das Lot eine kreisförmige Untiefe von etwas an 100 m. Ob diese die untergegangene oder überhaupt nicht an die Oberfläche gelangte Masse eines Vulkanes ist, entzieht sich der Beurteilung.

Réunion (Fig. 17) selbst aber gestaltet sich wesentlich verwickelter als Mauritius. Diese Insel, deren Fruchtbarkeit bekannt und deren Schönheit gerühmt ist, die Bilder hervorzaubert, welche den Naturfreudigen bewegen als „wenn er der sturmgepeitschten See, dem donnernden Niagarafalle oder der schneebedeckten Kette des Berner Oberlandes gegenüber steht," ist durch verschieden alte, verschieden geartete und verschieden gestaltete Feuerberge aufgebaut, deren ältester im NW., deren jüngster im SE. der Insel liegt und heute noch als tätig bezeichnet werden muß.

Der älteste ist der Neiges-Vulkan, ein gewaltiger aspitischer Bau, der mit durchschnittlich 7° Neigungswinkel vom Meere gegen die Mitte ansteigt inmitten dreier mächtiger Kessel im Piton des Neiges mit 3069 m kulminiert. Gegen dieses Zentrum steigen die Flanken bisweilen bis 20 und 30° an.

Der Neiges-Vulkan nimmt ungefähr zwei Dritteile der Insel für sich in Anspruch. An der E. und SE. Seite ist er von dem jüngeren aspitischen Belcombe-Vulkan bedeckt, der seinerseits durch tektonische Vorgänge in sich zusammengebrochen ist und dessen E-Rand unter den Fluten des Meeres vergraben liegt. Aber auch gegen seine Mitte ist er an zwei bedeutenden Kesselbrüchen — dem Rempart des Sables und Rempart de Belcombe — in sich zusammengesunken. Innerhalb dieses zweiten, dem Belcombe-Vulkan, ist der jüngste Feuerberg aufgebaut, der wieder aus zwei Stücken besteht, dem wohl erloschenen

Fig. 17. Übersichtskarte von Réunion.

I. Piton de Neiges
II. " de Bellecombe
III. Volcan Brulant

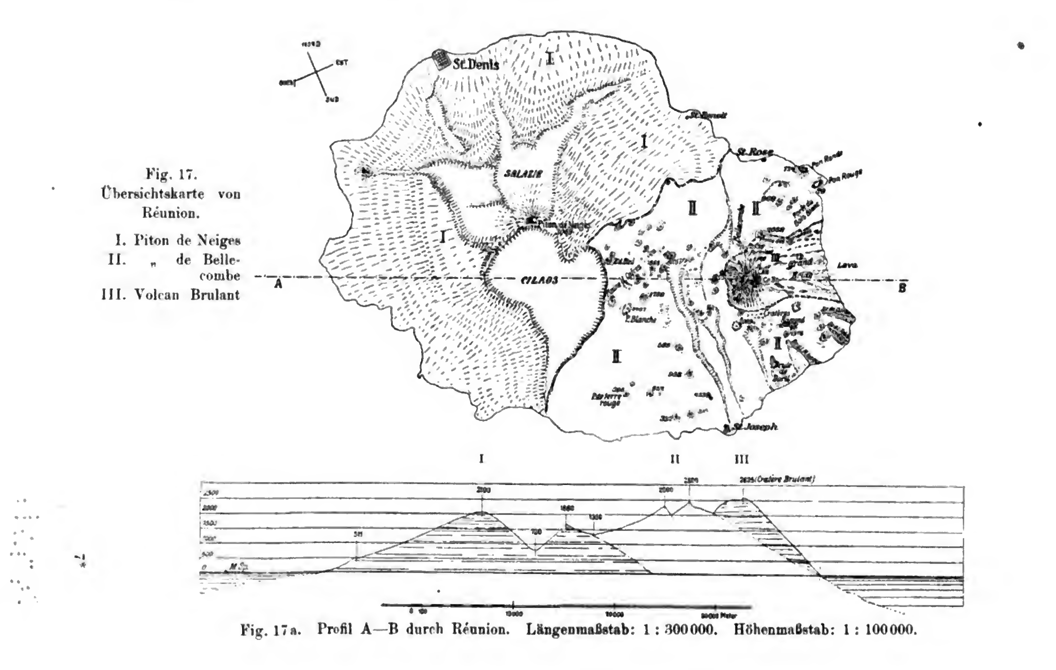


Fig. 17a. Profil A—B durch Réunion. Längenmaßstab: 1 : 300000. Höhenmaßstab: 1 : 100000.

Piton Bory und dem noch tätigen Piton Fournaise. Diese beiden letztgenannten Höhen bauen sich über einer kaum 24 km² großen Grundfläche auf und entsenden ihre rheumatitischen Ergüsse gegen E. durch die Bresche, welche der vernichtete E-Rand des Belcombe-Vulkans gegen das Meer zu offen gelassen hat. Dadurch bekommen die beiden letztgenannten Feuerberge eine pseudoaspitische Unterlage.

Ist die Lava der beiden ältesten Baue (Neiges- und Belcombe-Vulkan) durch ihre gleichmäßige dünnflüssige Lava ausgezeichnet, so tritt bei den letzteren zwischen typische Fladenlava spratzig-poröse Zacken- und Schollenlava, welche die Bewohner graton bezeichnen und von der oben gesprochen wurde. Dazu kommen ungeheure Massen klasmatischer Natur, ja, der eigentliche Berg wird überhaupt als „Aschenkegel" beschrieben.

Allein auf Réunion ist auch die älteste Bildung, der Neiges-Vulkan, keineswegs nur aus rheumatitischen Massen aufgebaut, sondern vielfach treten mächtige Zwischenlager klasmatischer Herkunft auf, so daß der ganze Bau als rheuklastisch bezeichnet werden muß. Auch die Laven sind vielfach stark poröser Natur.

Seine Tätigkeit hat der Neiges-Vulkan eingestellt. Eine üppige Vegetation hat sich in den entstandenen Tälern und auf den Flanken angesiedelt und nur heiße Quellen sonder Zahl zeigen, daß die letzte Phase vulkanischer Tätigkeit, die pneumatitische, noch nicht verklungen ist. Nach v. Drasche hatte der Neiges-Vulkan ehedem drei große selbständige Ausbruchsöffnungen, welche durch die drei mächtigen Kessel in seiner Mitte Selazie, Mafatte und Cilaos vertreten sind.

Ob diese ursprünglich oder erst später durch Erosion geschaffen worden sind, erfordert Untersuchungen an Ort und Stelle. Jedenfalls ist die heutige Gestaltung wesentlich durch exogene Vorgänge bedingt worden. Der rheuklastische Bau begünstigt die Bergrutsche, welche an der Tagesordnung sind, die starken Niederschläge fördern die Verwitterung.

Die allzu kreisförmige Anlage aber, die schmalen Talgänge, durch die heutigentages die Entwässerungsadern zum Meere eilen, lassen die Wahrscheinlichkeit der Gewißheit nahe kommen, daß ihre erste Anlage primärer Natur ist.

Auf seinem östlichen Fuße lagern die rheuklastischen Produkte des jüngeren Belcombe-Vulkans. Er nimmt den übrigen Teil der Fläche der Insel für sich in Anspruch. Wie schon erwähnt wurde, ist er durch tektonische Vorgänge — seien es, wie v. Drasche meint,

Explosionen oder, wie Grosser mit mehr Wahrscheinlichkeit ausführt, Kesselbrüche — in sich zusammengebrochen. Dadurch aber wird dieser Belcombe-Vulkan besonders merkwürdig, daß sich an seinen Hängen und Flanken eine Unzahl von Homaten finden, welche durchwegs klasmatischer Natur sind und bis über 200 m relativer Höhe erreichen. Sie zerstreuen sich bis auf die plaine des cafres und ziehen sich bis an die Südküste zwischen St. Pierre und St. Joseph. Weitaus die meisten finden sich in der plaine de sables, welche sich zwischen dem rempart de sables und rempart de Belcombe hinzieht und eigentlich ein Stück der ehemaligen Flanke des Belcombe-Vulkans darstellt. Selbst die cratères Ramond an der Südflanke sind nur klasmatischer Natur. Erst bei der 1000 m-Linie häufen sich parasitäre Boccaausbrüche mit Fladen- und Gratonlaven. Sie sind kurz und wenig mächtig im Vergleich zu denen des Fournaises.

In weitaus größerer Zahl treten die klasmatischen Ausbrüche als Homaten geformt die Lehnen bedeckend in dem jüngsten Gebilde auf, dem Vulkan Bory-Fournaise.

An der NW.-Flanke des ersteren treten von dem kleinen Wallberge formica leo bis zur halben Höhe des Berges zahlreiche Homaten auf, der eigentliche Gipfel ist fast durchwegs aus klasmatischem Materiale und die ehemalige Krateröffnung wurde durch wiederholte klasmatische Ausbrüche verändert und verschoben, bis sie im Vulkan Fournaise eine letzte Ausbruchsöffnung erhielt. Dieser und auch den Flanken entströmen in historischer Zeit zwar immer wieder bedeutende rheumatitische Massen, aber die Natur dieser Laven, das Aussehen der graton deutet darauf, daß die klasmatische Phase nahe ist. Schon wird der eigentliche Gipfel fast zur Gänze durch die Produkte dieser Phase geschaffen.

Insgesamt läßt das maskarenische Vulkangebiet, das zur Gänze basaltische Magmen auswirft, eine Verschiebung und einen normalen Verlauf der einzelnen Phasen des Vulkanismus erkennen. Von Rodriguez abgesehen, das nur aus doleritischen Laven aufgebaut ist, läßt das ältere Stück, Mauritius, klasmatische Produkte nicht erkennen, oder doch nur ganz verschwindend. Die jüngeren Gebilde wie der Neiges-Vulkan hat bereits den Typus des rheuklastischen Berges. Der Belcombe-Berg zeigt an seinen Flanken als jüngste Formation Homaten rein klasmatischer Natur, und im Gebiete des Bory-Fournaise ringen rheumatitische und klasmatische Förderungsarten um den Vorrang. Die zahlreichen Homaten an den Flanken, die klasmatischen Massen seiner Gipfel, die Natur der graton lassen die Zuknnft und das Ende der Bildungen erraten.

Galápagos[1]).

Hart unter dem Äquator etwa 10° westlich der Küste Ecuadors liegen die Schildkröteninseln. 7430 km² ist ihre ungefähre Bodenfläche, d. i. größer als Salzburg, um ein geringes kleiner als Hessen. Das ganze Inselgebiet wird von ungefähr 13 größeren oder kleineren Eilanden zusammengesetzt, zu denen noch eine Reihe loser versprengter Klippeninseln hinzukommen, die sich aber alle insgesamt auf einer gemeinsamen kreisförmigen Grundbasis aufbauen, so daß es den Anschein erweckt, als würden die Inseln nur die Gipfel darstellen, welche über den gemeinsamen Bau heraufragen. Nur basaltische Laven sind es, welche neben petrographisch gleichen Produkten klasmatischer Natur die Inseln zusammensetzen. Nirgends wurde bislang altes Grundgebirge festgelegt.

Von den Inseln ist die weitaus größte Albemarle. Sie ist aus zwei scharf voneinander abhebenden Teilen zusammengesetzt, von denen der eine SW.-NE. situiert ist und jenseits des Perry-Isthmus von einem zweiten SE.-NW. gerichteten Zug abgelöst wird. Dieser Zug trifft in gleicher Richtung fortgesetzt auf Wenmann und Culpepper Island, welche die am weitesten versprengten Vulkänchen dieser ganzen Gruppe sind.

1420 m und 1130 m erreichen die höchsten Gipfel auf Albemarle im südlichen Teile, 1120 m steigt die größte Erhebung auf dem nördlichen an.

Diese langgedehnten Rücken mit deutlichen Homaten auf den Höhen und Flanken sind durch das Zusammenfließen der rheumatitischen Massen erfolgt. Dieser Prozeß hat auch die Längserstreckung von Chatham und James Island begründet, während dagegen Indefatigable, Charles Island und das „schauerlich öde Narborough", das einen noch nicht erloschenen Zentralkrater birgt, durch ständige Ergüsse von einem Mittelpunkt aus entstanden sein dürften.

Diese Inseln gehören insgesamt aller Wahrscheinlichkeit nach dem Diluvium und Alluvium an, wenn auch die ersten Anfänge möglicherweise in das Tertiär hinaufragen.

Aus den Karten und Schilderungen ist für Charles Island oder Floreana zu entnehmen, daß der Grundbau eine Aspite ist, auf der später einzelne Kegel und Schlackenwälle aufgesetzt wurden, die sich über der kaum 300 m hohen Grundbasis bis 250 m rel. Höhe aufbauten.

---

[1]) Die Kenntnis der Galápagosinsel ist sehr gering. Sie stützt sich vorwiegend auf Ch. Darwins scharfsinnige Beobachtungen (geologische Beobachtungen auf vulk. Inseln und Reise eines Naturforschers) und die beiden viel zu kurzen Ausführungen von Th. Wolf. Ein Besuch der Galápagos-Inseln. Heidelberg 1879.

Der Cerro de paja ragt sogar bis an 650 m abs. Höhe auf und bietet die beste Übersicht über die ganze Insel.

Wolf zählt solcher Kegel und Wälle auf Floreana 25. Der gemeinsame Unterbau wird durch rheumatitische Ergüsse gebildet, die äußerst schlackig aussehen, „schrundig, zerklüftet, furchtbar rauh“ sind und mit großen scharfkantigen Gesteinsblöcken bedeckt sind. An anderen Stellen ist die Lava in Blasen aufgeworfen, während wieder an anderen Orten die so entstandenen Gewölbe nachgestürzt sind und kreisförmige Gruben mit steilen Seitenwänden erkennen lassen[1]). Alle diese zahlreichen Lavaströme scheinen nach Darwins Meinung äußerst dünnflüssig gewesen zu sein. Das spratzige Aussehen anderer Ergüsse, von denen Wolf zu berichten weiß, scheint dagegen zu sprechen. Oder es zeigen auch die Galápagos die zweifache Lavaart wie sie in anderen Gebieten beobachtet werden kann. Jedenfalls aber wird Darwins Ansicht durch den morphologischen Bau der Inseln bestärkt, denn nicht nur Floreana zeigt die Aspite, sondern auch andere der Galápagosinseln. Selbst die größte, Albemarle, welche die Aspite zunächst am wenigsten verraten würde, zeigt untermeerische Böschungsverhältnisse, wie sie von Hawaii bekannt sind.

F. Dietrich berechnete sie und fand als Maximum gegen SW. 7° 53′. Nach NW. wurden 1° 48′, 0° 19′ und 0° 38′ berechnet, wobei in diesem Falle das Lot in 46 km Entfernung vom Ufer mit 1227 m den Grund erreicht hatte. 1° 32° bis 0° 34′ wurde gegen NE. beobachtet, wobei die Distanz vom Gestade 113 km, die Tiefe 2522 m betrug.

Diese Berechnungen zeigen, daß die Aspite unter den vulkanischen Inseln doch häufiger ist als zunächst angenommen wurde und wird. Denn es gesellen sich zu den genannten noch hinzu Eimeo und Peard Island der Gesellschaftsinseln mit Max. 7° 5′ Böschung, Tubuai und Ruratu, Upolu (Apia) der Samoagruppe, dessen Nordflanke in 2,16 km Entfernung 1° 28′, bei 14,8 km 6° 2′, bei 17,6 km und 4085 m Tiefe 8° 1′ aufweist. Einige Inseln der Fijigruppe (Viti Lewu, Kandavu), Farallon de Pajaros (Marianen), St. Paul und Amsterdam u. a. gehören gleichfalls zu den Aspiten im Weltmeer[2]).

[1]) Diese Schilderungen Darwins erinnern mich an ein ähnliches Gebilde, das ich auf Island im Myvatner-Gebiet bei Skútustádir schauen konnte und als „Paradies“ bezeichnet wird. Es ist dies ein schlotförmig mit etwa 2 m zur Tiefe setzendes Rohr, das einer Zisterne nicht unähnlich ist. Über diesem rohrartigen Schlunde sitzt ein nur zur Hälfte erhaltener äußerst porös aussehender Lavadom, dessen Gewölbe nur wenige Zentimeter dick ist. Über die Genesis habe ich in den „Beiträgen zur physikalischen Geographie Islands“ eine Deutung zu geben versucht. P. M. 1907. Heft 8.

[2]) Dietrich, Fr. Untersuchungen über die Böschungsverhältnisse der Sockel ozeanischer Inseln. Berlin 1892. Diss. Greifswald.



Wie auf Floreana, so finden sich auch auf den übrigen Inseln der Galápagos Homaten zerstreut. Darwin hat ihre Zahl auf 2000 geschätzt. Sie bestehen aus Schlacken oder aus einem „sandsteinartigen“ Tuff und „verdanken ihre Entstehung Ausbrüchen vulkanischen Schlammes ohne Lava“. In den weitaus meisten Fällen aber bestehen sie „nur aus einem Ringe zusammengekitteter Scoriae oder Schlacken“, deren Höhe über dem Lavaboden kaum bis an 30 m ansteigt. Eigentliche Aschenmassen fehlen den Inseln völlig und auch zwischen den älteren rheumatitischen Ergüssen sind Klasmatika nicht häufig. Die Schilderungen lassen erkennen, daß hier Schweißschlackengebilde die führende Rolle neben den älteren rheumatitischen Ergüssen innehaben.

Die heutige Tätigkeit ist ganz auf den westlichen Teil beschränkt, wo Albemarle und insbesondere das kreisrunde Narborough noch im letzten Jahrhundert einen Paroxysmus zeitigten. Von Lavaergüssen wird dabei keinerlei Erwähnung getan.

Die Beobachtungen sind viel zu gering, um aus den Verhältnissen der Galápagosinseln weitgehende Schlüsse zu ziehen. Insbesondere ist völlig ungeklärt die Bedeutung und Stellung der sandsteinartigen Tuffformation, von der auch Wolf berichtet und die C. Fuchs für „Palagonit“ hält[1]. Eines steht aber fest: Auch in diesem großen Vulkangebiet der Erde treten als jüngste Formen vulkanischer Baue Homaten in die Erscheinung, die auch hier klasmatischen Produkten ihren Aufbau danken und sich über aspitischen Grundbauen aufgeführt finden.

Die Hawaii-Inseln.

Elf Inseln sind es, welche sich zwischen 18° 30′ und 22° 16′ nördlicher Breite und 155—161° w. L. v. Gr. ausdehnen, in ihrer Gesamtheit 16946 km² erreichen, d. i. wesentlich mehr als das Ausmaß des Königreichs Sachsen, nach dem Vorschlag ihres Entdeckers Cook Sandwichinseln benannt wurden, heute nach der größten Insel Hawaii (11356 km²) die Hawaii-Inseln gerufen werden. Sie ordnen sich in WNW. Richtung und sind durchwegs vulkanischer Natur (Fig. 18).

Die am besten bekannte unter den Inseln und zugleich auch die größte ist Hawaii.

Die Insel ist eine Aspite (Fig. 6), die sich mählich aus den Tiefen des Meeres durch ständige dünnflüssige basaltische Massenergüsse aufgebaut hat, so daß das Innere ein großes Flachland darstellt, das im südlichen Teil zwischen 1500—2000 m, im nördlichen Teil zwischen 800—1000 m zu liegen kommt. Über diesem Flachland bauen sich die berühmten zwei Vulkane auf, der Mauna kea und Mauna loa. Neben

[1]) Fuchs, C. W. Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Leipzig 1865. S. 81.

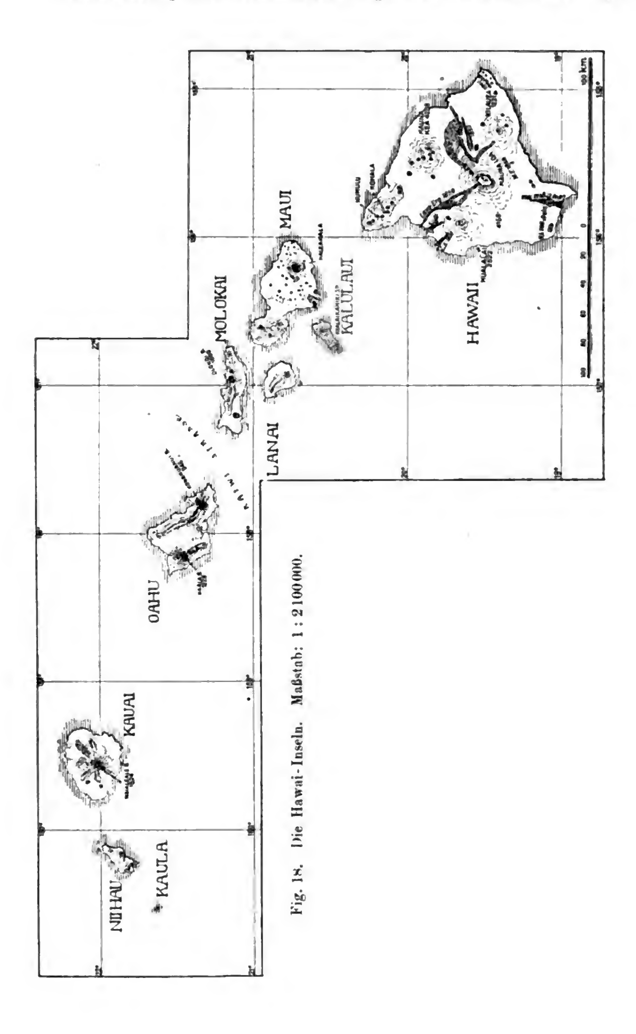


Fig. 18. Die Hawai-Inseln. Maßstab: 1 : 2100000.

diesen treten als nächste der Kilauea und Hualalai auf, im Kohalagebiete gegen NW. eine Reihe von kleineren Vulkanbergen. Alle diese einzelnen Berge sind Individuen für sich und haben jeder eine selbständige Entwicklung durchlaufen, unabhängig voneinander, ungleich alt zueinander. Reicht der gesamte Unterbau bis ins Tertiär zurück, so ist relativ der älteste Teil das Kohalagebiet. Ihm folgt der Mauna kea, Hualalai, Mauna loa und Kilauea. Nur die letzten drei haben noch eine historisch nachweisbare Tätigkeit. Pa-hó-e-hó-e, A-a und klasmatische Förderung lösen sich ab. Mit den genannten Feuerbergen ist die Zahl der Essen auf Hawaii aber keineswegs erschöpft, denn solche finden sich zu Hunderten auf der Insel.

Dadurch werden die Vulkane dieser Insel immer wieder genannt, daß sie nur rheumatitische Ergüsse zeitigen sollen, welche ruhig an den Flanken niedergehen. Diese Produktionsart ist aber keineswegs die herrschende. So zeigte der Kilauea im Jahre 1789, 1849, 1863 äußerst heftige Explosionsausbrüche und Analoga hatte der Mauna loa. Sein Ausbruch im Jahre 1868 war ein Explosionsausbruch, obwohl sich auch in diesem Falle ein kleiner Lavastrom zum Meere wälzte. Aber es war dies nicht die fladenartige Pahóehóe, sondern a wide field of a-a. Dem Kampfe der Lava mit dem Meere entstammen am Ende des Stromes drei Aschenberge, eine Erscheinung, die Dutton auch an anderen Stellen beobachtete[1]).

Im Mai 1880 und acht Jahre später fand Brigham am Grunde des Mokua weoweo zahlreiche Schlacken und Aschenkegel[2]) und bei der Schilderung der Plattform am Mauna loa, wo nirgends auch nur der Schein eines Aschenkegels zu merken ist, meint Dutton, daß diese Abwesenheit klasmatischen Materials etwas Außergewöhnliches ist, denn die zerborstenen Lavaplatten deuten auf eine plötzliche Zertrümmerung. Penck berichtet, daß die Hawaiikrater Explosionsöffnungen sind, in die sich Lava ergossen hat. Denn vom Rande des Kilauea gehen lange, tiefe Spaltenzüge ab, wie sie sich notwendig an solchen Löchern einstellen müssen. Auf der Oberfläche zwischen den Spalten liegt mancherlei Trümmerwerk, größere und kleinere lose Blöcke und an den Abhängen der Krater treten echte Tuffe auf[3]). Alle diese Dinge sprechen für klasmatische Ausbrüche der jüngeren und wohl auch älteren Zeit.

Die verschiedene Ausbildung der rheumatitischen Ergüsse, welche

[1]) Dutton, C. Hawaiian volcanoes a. a. O. S. 181.

[2]) Nach G. Mercalli. I vulcani attivi. S. 44.

[3]) Petermanns Mitteil. Jg. 1910. S. 146.

oben zur Besprechung kamen, deutet auf die verschiedene Förderungsform in gleicher Weise hin.

Treten Homaten im Krater des „tätigen“ Mauna loa zu Hauf auf, so ist dies im weit größeren Maßstab an den erloschenen Feuerbergen der Fall. Allenthalben werden sie auf dem inneren Hochland beobachtet. Einzelne erreichen eine Höhe von 200—300 m. Weitaus größer aber wird ihre Zahl an dem erloschenen Mauna kea.

Flanken und Gipfel sind übersät von Homaten, deren Größenverhältnisse bis über 300 m rel. Höhe betragen bei einem Diameter bis 6 km. Während der Mauna Loa vorwiegend rheumatitische Ergüsse zeigt, ist der historically speaking, quite ancient Mauna kea in seinen letzten Gebilden zum größten Teil aus klasmatischem Material aufgebaut. Die Aschenkegel und Homaten zeigen in ihren basaltischen Lapilli eine rötliche Farbe, darauf hindeutend, daß sie schon lange dem Witterungswechsel ausgesetzt sind. Wie die Flanken, so ist auch der Gipfel des Mauna kea von zahlreichen klasmatischen Bildungen (cinder-cones) bedeckt.

Die Bildungen am Passe von Kalaicha in 2300 m Meereshöhe sind denen der campi phlegraei analog. Diese Homaten begleiten den Wanderer auf der ganzen Nordinsel.

Ganz analoge Verhältnisse zeigen sich auf dem heute wohl auch als erloschen anzusehenden Hualalai, dessen letzte rheumatitischen Aa-Ergüsse in die Jahre 1805 und 1811 fallen. Er ist in seinen oberen Partien vielfach aus klasmatischem Material aufgebaut und hat auf Gipfel und Flanke ebenfalls many cinder-cones.

Den ältesten Teil der Insel bilden die Kohalaberge. An ihrem Aufbau beteiligen sich basaltische Laven. Ihre Höhe reicht gegen 1800 m und ähnelt im Aufbau ganz dem Mauna kea, d. h. sie sind im letzten oberen höchsten Teile von klasmatischem Material bedeckt und auf dem Gipfel und der Flanke stehen zahlreiche Homaten klasmatischer Natur.

Wie sich die Verhältnisse auf Hawaii zeigen, so offenbaren sie sich auch auf den benachbarten Inseln, nur daß man zu immer älteren Stücken vordringt je mehr man sich nach NW. begibt. Nur auf Maui knapp nachbarlich zu Hawaii war noch im Diluvium, ja, nach Dutton in allerjüngster Zeit der Vulkanismus aktiv, allerdings nur in dem südöstlichen Teile.

Wie schon die Umrißkarte von Maui erraten läßt, ist die Insel im Isthmus von Waikapu, der in seinem höchsten Teil nur an 50 m ansteigt, aus zwei verschieden alten Stücken zusammengeschweißt worden. Das ältere Stück ist das nordwestliche. Seine Formen zeigen, daß sich an ihnen schon lange erosive Kräfte erproben. Das jüngere Stück

bildet der Haleakala, der bis 3058 m ansteigt, und in seinem weiten Krater sind 10 oder 12 large cinder cones, perfect in their forms and apparently untouched as yet by the ravages of time. Sie sind nicht die einzigen. Es finden sich noch zahlreiche vielfach bereits bewachsene Homaten an seiner Flanke. Auch am Haleakala treten große Massen rheumatitischer Ergüsse auf, aber erst über diesen wurden die cyklopischen Baue bis über 700 m Höhe aufgeführt. Mit Nachdruck weist Dutton darauf hin „that cinder cones are built after the lava has ceased to flow“.

Noch weiter als auf West-Maui ist die Erosion in die vulkanischen Baue von Oahu eingedrungen und hat aus den Massen zwei Längsrücken herausgewaschen,

Die ganze Insel besteht aus Wechsellagern rheumatitischer und klasmatischer Produkte. Noch weitere Auflösungen lassen die anderen Inseln erkennen.

Aus den vorliegenden Untersuchungen geht das eine wohl mit Sicherheit hervor (Fig. 18), daß seit dem Anheben der vulkanischen Tätigkeit im Tertiär sich die Ausbruchsstellen von NW.-SE. verschoben haben. Niihau, Kauai, Oahu, Molakai, Lanai, West-Maui und Kalu laui sind der Reihenfolge nach die älteren und ältesten Stücke. Erosion, Meeresbrandung hat längst die ehemaligen Feuerberge zerstört und verwischt. Teilweise sind nur die ehemaligen Flanken aufgelöst worden, aber die Rinnsale lassen immer noch den ehemaligen gemeinsamen Bau erkennen wie auf Kauai und West-Maui. Auf Oahu, Molakai und Lanai sind diese alten Baue in Rücken aufgelöst worden.

Diesen älteren Stücken stehen die östlichen jüngeren Berge gegenüber. Sie beginnen mit Haleakala auf Ost-Maui. Zu den rheumatitischen Ergüssen treten die cyklopenartigen Baue der Homaten, welche aussehen, als wären sie erst gestern geworden. Auf Hawaii ist der nordwestliche Teil ebenfalls schon erloschen, nachdem der Vulkanismus seine letzte Kraft dazu benutzt hatte, aus klasmatischem Materiale ungezählte Homaten zu formen. Diese sitzen in dem Krater des Hualalai und Mauna loa. Pahoehoe und aa, welche seit historischer Zeit den Flanken enteilen, deuten auch bei dem letzten, beim Kilauea auf das beginnende Ende hin.

Besser als das Gebiet der Sandwichinseln kann kein anderes ein Beispiel geben für die Entwicklung der vulkanischen Formen und Förderungsarten.

Alle bislang behandelten Gebiete hatten den einen großen Vorzug, daß es reine Inselgebiete waren, welche von tektonischen Störungen nicht oder nur wenig betroffen wurden und die auch in der Entwicklungsgeschichte keine großen Unterbrechungen erfahren haben. Wesent-

lich schwieriger gestalten sich die Verhältnisse in jenen Territorien, welche nicht rein vulkanisch sind oder wo durch andere exogene Vorgänge manche und viele Züge verwischt wurden, wo zwischen den vulkanischen Förderungsarten gänzlich andere Materialien zu liegen kommen. Hier die Leitlinien aufzudecken ist aber nicht minder notwendig als lehrreich. Ehe aber darauf eingegangen werden soll, mag die Geschichte anderer Gebiete zu geben versucht sein, von denen einzelne durch die Größe andere durch die genaue Geschichte besonders ausgezeichnet erscheinen. Für die ersteren gelte der Kilimandjaro, den Hans Meyer bestiegen und genau geschildert hat[1]).

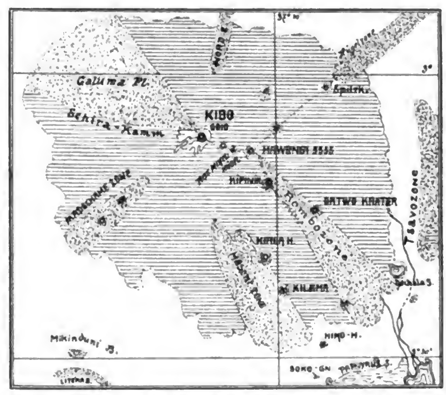


Fig. 19. Übersichtskarte des Kilimandjaro (nach H. Meyer). Maßstab: 1 : 1000000.

Der Kilimandjaro.

Der Kilimandjaro, der höchste Vulkan der Erde, ist der würdigste Vertreter der ungezählten Feuerschlote, welche den ostafrikanischen Graben erfüllen und weit versprengt das Gelände bis nahe an die Meeresküste gegen E. erfüllen. Sie treten in allen Größenordnungen auf, doch zeigen sich die jüngsten einzeln in der Landschaft versprengten Feuerberge als typische echte Homaten. Sie bedecken auch vielfach als Seitenbildungen den Hang des Kilimandjaro, der aus drei verschieden alten Stücken zusammengesetzt ist: dem Schirakamm, dem Mawensi und dem Kibo (Fig. 19). Zu diesen drei Haupt-

[1]) Meyer, H. Kilimandjaro. Berlin 1900.

entwicklungsstücken treten die seitlichen klasmatischen und auch rheumatitischen Ausbrüche, welche vielfach jünger sein mögen.

Die Bildungszeit reicht in das Tertiär zurück, in welcher Epoche das älteste Stück aufgebaut wurde, während die jüngsten Phasen seiner Tätigkeit sich bis ins Diluvium hinzogen und nach Thomson[1]) sogar in historischer Zeit noch Leben von sich gaben, indem es zur Entstehung des Dschala-Sees am SE.-Fuße des Kilimandjaros kam.

Bei der Besprechung der morphologischen Grundformen vulkanischer Baue wurde darauf verwiesen, daß der Unterbau des ganzen Massivs eine Aspite ist, auf der in der Folgezeit die einzelnen eigentlichen Berge aufgesetzt wurden. Es hat dies seine Ursache darin, daß zunächst einmal die Grundmasse des Kilimandjaro „zum allergrößten Teil aus geflossenen Laven" besteht, die im ersten Bildungsstadium des Berges sehr dünnflüssig waren und sich infolgedessen zu weiten Decken ausbreiteten. Erst in der Folgezeit wurden sie „immer dickflüssiger" und auch vielfach stark mit klasmatischen Produkten versetzt, so daß steilere Böschungen zustande kamen.

Das älteste Stück, das sich über der Aspite aufbaute, war der Schirakamm, der heutigentages von den destruktiven Kräften am meisten betroffen wurde. Seine Bildungszeit wird in das Pliozän verlegt.

Mit seinem Verlöschen beginnt in gleicher Richtung gegen SE. um ein geringes verschoben der Mawensi seine Tätigkeit. Nephelin- und Feldspatbasalte treten aus einem gemeinsamen Eruptionsschlot zugleich mit klasmatischem Material vielfach vermengt zutage. Heftige Explosionen schließen seine Tätigkeit ab. Eine mächtige Caldera und ein weiter Barranco, der nach NE. seine Richtung nimmt, sind die beredten Zeugen jener Schlußphase. Damit hat jedoch die Geschichte des Mawensi selbst noch nicht ihr Ende erreicht.

An der SE.-Flanke setzen bei ca. 4300 m eine Reihe von höheren oder auch niedrigen, breiten Tuffrücken ein, zu denen sich geringe rheumatitische Ergüsse hinzugesellen. Allein diese treten zurück gegenüber den zahlreichen Aschenkegeln, deren Dimensionen bis an 300 m rel. Höhe erreichen.

Diese Hügel, die, den Karten nach zu urteilen, echte Homaten

[1]) Thomson, J., Durch Massailand, 1885, S. 194 berichtet, daß bei den Eingeborenen eine Überlieferung bestehe, wonach an der Stelle des Sees ein Massaidorf gestanden habe, das in die Luft gesprengt worden sei. Wenn auch Meyer nichts davon zu erzählen weiß, so kann man aus diesem Grunde doch nicht mit Simmer (a. a. O. S. 119 Anm. 2) diese Angabe als unwahrscheinlich hinstellen. Bei der Epigonennatur der Maare ist es zum mindesten wahrscheinlich, daß die Explosionen, welche das Maar werden ließen, wie Meyers Schilderung erkennen läßt (S. 312), jedenfalls mit zu den letzten gehörten.

sind, verlieren sich erst auf der Hochebene gegen den Djipesee. Den eigentlichen Abschluß bildet der Dschalahügel, der den gleichnamigen See, „das einzige ‚Maar' des Gebirges", umfängt. Vom Oberrand reichen hier die geschichteten nach außen fallenden Tuffe und Lapilli und bedecken die darunter lagernde „poröse teilweise schlackige Lava", die in der Höhe des Wasserspiegels selbst wieder einer dichten Lava Platz macht.

Es ist völlig unbekannt, ob diese rheumatitischen Förderungen an der letztgenannten Stelle autochthon sind oder ob es nur durchstoßene Bänke älterer Ergüsse des Kilimandjaro sind.

Meyer bezeichnet diese ganze Explosionszone Rombozone. Sie gehört jedenfalls zu den jüngeren oder jüngsten Stücken des Mawensi.

Hat der Dschalasee seine Lage am Fuße des Gebirges, so hat die zweite Explosionszone, die Tsavohügel, gleichfalls ihre Lage an der Basis des Gebirges und zwar an der Ostseite.

Wesentlich jünger oder zum wenigsten bis in das Diluvium und vielleicht sogar Alluvium hinein tätig war das dritte Hauptglied des Kilimandjaro, der Kibo. Der wohlerhaltene Krater auf seiner Spitze, die jugendliche Form der nächsten Täler deutet auf die lange Eruptionsdauer. Lavadecken in flacher Lagerung ohne klasmatische Zwischenlagerungen treten noch in den höchsten Partien auf und selbst in der jüngsten Zeit des Berges traten unweit des Gipfels in den Lenthügeln dünnflüssige Rheumatika auf.

Aber auch am Kibo spielten heftige Explosionen eine Rolle und beeinflußten durch ihre Massen die Gestalt des Berges und endeten das Feuerspiel. Auch sie treten an den Flanken des Berges auf, der mit seinen Massen den alten Schirakamm zum größten Teil verdeckt und verbirgt, damit sein junges Alter dokumentierend.

Wie am Mawensi treten mächtige jüngere Tuffmassen auch am Hange des Kibo auf und eilen von ihm gegen das Umland vor.

Gegen SE. nahezu parallel zur Rombozone ist zunächst die Moschizone, die als mächtiger Komplex klasmatischer Rücken und Kegel über die Umgebung aufragt, ähnlich dem Tuffwall von Madschame, der nach SW. streicht. Erstere setzt sich mit den Muëhügeln bis an den Fuß des Gebirges fest. Nur ganz dünne Lavadecken sind in diesem Teile zwischen den klasmatischen Massen erkennbar.

Wie der Mawensi hat auch der Kibo gegen NNE. einen jüngeren Überbau (Meyers Nordzone), in der Tuff-Förderungen die Hauptrolle gespielt zu haben scheinen.

Als das jüngste Stück ist am Kibo die Galumazone anzusehen, welche in der Richtung des Schirakammes nach NW. vom Gipfel ausgehen und zumeist aus der Lentgruppe gespeist wurden.

Hier „gibt es nur wenig geflossene Lava, meist Lapilli von roter Farbe und vulkanische Sande". Unterhalb der Urwaldstufe des Kilimandjaro löst sie sich auf, bildet kleine Gruppen von je drei bis vier Kegeln, die auf die Homaten Tokitok und Longido die Richtung nehmen.

Auf dem Gipfel des Kilimandjaro aber treten auf dem 4400 m hohen Sattelplateau zwischen den beiden Hauptvulkanen Mawensi und Kibo eine Reihe von Tuff- und Lavahügeln auf. Erstere sind mehr gegen den Kibo zu gelegen und jünger als die mehr zum Mawensi gelegenen Lavahügel.

Soweit die Untersuchungen dieses mächtigen Vulkanbaues der Tropenländer erkennen lassen, zeigt sich auch hier das große Gesetz der Entwicklung des Vulkanismus seit dem Tertiär, daß auf eine Zeit vorwiegend rheumatitischer Ausbrüche von dünnflüssiger zu zähflüssiger Konsistenz übergehend eine Zeit der vorherrschend klasmatischen Eruptionen folgt, welche endlich die Oberhand gewinnen und den Abschluß der ganzen Tätigkeit einleiten. Sind es zunächst lange Rücken und Hügel, die entstehen, so treten als letzte Gebilde Homaten in Unzahl auf und endlich überhaupt nur Maare, gleichsam die negativen Formen vulkanischer Baue, die **Epigonen nicht Embryonen vulkanischer Kraft und Schöpfung.**

Als letztes Stadium zeigen sich auch auf dem Kilimandjaro pneumatitische Phasen, wenn sich auch eine solche Tätigkeit heute nicht mehr ohne allen Zweifel nachweisen läßt[1]).

Der Vesuv.

Kein Berg erfreut sich einer derartigen Fülle von Beobachtungen und Beschreibungen, genauen Vermessungen und Zeichnungen wie der Vesuv. Die typische Gestalt, welche sein Bau erkennen läßt, hat dazu geführt, ihn als den Vertreter eines eigenen Vulkantypus hinzustellen und von ihm gingen einzelne Lokalbezeichnungen als termini in die Fachliteratur über. Seine Ausbruchsweise wurde in der gleichen Weise zum Ausgang und zur Beurteilung der Ausbrüche anderer Vulkane genommen. Dabei wurde aber immer nur die „Ruhe" und „Tätigkeit" des Berges als Charakteristikum genommen, nie die Förderungsart.

Aus der langen Beobachtungsreihe scheint sich bislang für den Vesuv das eine Gesetz zu ergeben, daß der Ausbruch sich umso heftiger als explosiver Natur erkennen läßt, je länger die Ruhepause gewährt hat.

[1]) H. Meyer hat nichts von einer Solfatarentätigkeit usw. wahrgenommen, doch berichten nach ihm andere Reisende nach Hörensagen von heißen Quellen, deren Vorhandensein für nicht unmöglich hingestellt wird.

Dieses Gesetz dürfte für alle Vulkane der Erde seine Richtigkeit haben. Doch ist es notwendig es dahin zu ergänzen, daß sich die Heftigkeit in einem besonders großen Auswurf klasmatischer Produkte äußert und daß längere Eruptionsperioden immer durch einen bedeutenden — im Vergleich zu den vorhergehenden Paroxysmen — klasmatischen Paroxysmus abgeschlossen werden, dem dann für längere oder kürzere Zeit eine pneumatitische Phase zu folgen pflegt, obwohl letztere vielfach völlig ausbleibt.

Aus der Fülle der Beispiele seien nur wenige angeführt, welche die Richtigkeit des aufgestellten Gesetzes erkennen lassen:

	Ausbruchsjahr	Ruhezeit	Form des Ausbruches:
Bandaisan	1888	seit 806	klasmatischer Ausbruch
Dakeyama	1900	„ 807	„
Ceboruco	1870	?	„
Askja	1875	?	„
Krafla	1724	?	„
G. Gelungung	1822	?	„
Papandajan	1772	?	„
Temboro	1814	?	„
Tarawera	1886	?	„
Vesuv	79	?	„
Krakatoa	1883	„ 1681	„
Makian	1846	„ 1646	„
Gamaláma	1835	„ 1673	„
Serua	1844	„ 1694	„
Wawanie	1820	„ 1674	„
Tjerimai	1805	„ 1672	„
Merapie (Java)	1786	„ 1678	„
Gedeh	1832	„ 1771	„

Dadurch erreicht der Vesuv ein erhöhtes Interesse, das sich an dieser Stelle die vulkanische Tätigkeit von allem Beginne d. i. seit dem Ende des Tertiär in der Förderungsart ziemlich gleich geblieben ist, denn nicht nur der Vesuv, der erst nach dem Jahre 79 zum langsamen Werden und Entstehen kam, sondern auch die ältere Somma läßt erkennen, daß sich Zeiten rheumatitischer mit solchen klasmatischer Förderung ablösten, daß aber klasmatische Ausbrüche das Spiel beendeten. So müssen zwar beide Gebilde, sowohl der Somma-Vulkan als auch der Vesuv als rheuklastisch angesehen werden, aber es ist unrichtig, den Vesuv und den Somma-Vulkan als zusammen-

gehörig, als Einheit aufzufassen und unter Somma-Vesuv zu bezeichnen. Die Entwicklungsgeschichte des Somma-Vulkans zeigt, daß dieser ein vollkommen selbständiger Feuerberg war und ist und mit dem Vesuv nur die nahe topographische Lage gemeinsam hat. Nichts hindert den Ausbruch des Jahres 79 n. Chr. dem Somma-Vulkan zuzuschreiben.

Der Vesuv beginnt erst wesentlich später mit seiner Geschichte und seinem Bau. Sein ganzer Aufbau und seine Entwicklung zeigt, daß der Bau des Vesuvs über der Piane zum überwiegenden Teile nur klasmatischer Natur ist, denn sonst würden die Seitenausbrüche nicht zur Regel gehören. Nur selten entströmten Rheumatika der Gipfelöffnung.

Aber auch der Unterbau, der in früherem Zusammenhang als Pseudoaspite bezeichnet wurde, würde nicht die feste rheumatitische Fügung haben, wäre nicht die ursprüngliche Gestaltung des Somma-Vulkans dafür verantwortlich zu machen.

Den Aufbau des Somma-Vulkans hat schon vor langer Zeit Johnston-Lavis klarzulegen versucht[1]). Er zeigte, daß nicht eine gleichmäßig andauernde Förderung das Gebilde schaffte, sondern lange Ruhepausen dazwischen traten.

Dieser Vulkan entwickelte sich in folgenden Entwicklungsphasen und -perioden:

I. Periode: In ihr entstand die Hauptmasse des Berges. Es werden vorwiegend dunkle Laven gezeitigt, doch treten auch Asche und Sande hinzu.

II. Periode: Ruhezeit. Vegetation bedeckt das Gehänge.

III. Periode: Explosionsausbrüche mit mächtigen Bimsstein-Förderungen. Eingeschlossene Mergel- und Tonbrocken, z. T. Fossilienführend, treten in den klasmatischen Bildungen auf. Den Bimssteinen folgen gröbere Schlacken und Lapilli. Die Mächtigkeit der klasmatischen Produkte schwankt zwischen 2—55 m und beträgt im Mittel 10 m.

IV. Periode: In ihr werden nicht zu reichliche rheumatitische Massen gefördert.

V. Periode: Ruhezeit. Vegetation bedeckt den Berg.

VI. Periode: Der Somma-Vulkan wiederholt das Spiel der dritten Periode, nur wird es großartiger und bedeutender. Die weite Verbreitung der klasmatischen Produkte dieser Zeit

[1]) Johnston-Lavis, J. The geology of Monte Somma. Quart. Journ. geol. Soc. London 1884. S. 35 ff. — The South Italian volcanoes. Naples 1891. S. 45—58.

deutet auf die Heftigkeit der Ausbrüche dieser Periode. Damit endet die eigentliche Geschichte des Somma-Vulkans.

VII. Periode: Sie ist eine Zeit der Pflanzensiedelungen. Sie währte durch die ganze historische Zeit hindurch.

Nur in seinem inneren Krater scheint der Berg Solfatarentätigkeit besessen zu haben.

Diese letztere Tatsache erhellt aus den zwei einzigen Nachrichten, welche aus jener Zeit stammen[1]). Strabo und Diodor haben sie hinterlassen. Wie damals der Somma-Vulkan ausgesehen hat, ob er einen völlig geschlossenen Wallberg bildete oder nicht, ob insbesondere damals bereits der Vesuv in seinen ersten Anfängen bestanden hat, ist eine völlig offene Frage.

Den wenigen Schilderungen zu entnehmen, war der Berg bewaldet und auf seiner Spitze waren die geringen Solfataren. Da sich die Massen der VI. Periode sich hauptsächlich im Norden zwischen Nola und Avellino finden, den Hang des Somma-Berges bedecken, da die Gestalt des inneren Kraterrandes der Somma eine gleichmäßige kreisförmige im Grundriß abgibt, so liegt nach Analogie mit anderen rezenten Bergen keinerlei Berechtigung vor, anzunehmen, daß etwa gerade der Südrand zerstört war oder überhaupt nicht vorhanden gewesen ist.

Ob das Erdbeben vom Jahre 63 n. Chr. als ein Vorbote kommenden Neuerwachens anzusehen ist, ist völlig belanglos. Die Zerstörung, die es angerichtet hat, zeigt, daß es von großer Bedeutung war.

Mit dem Jahre 79 erlischt die Tätigkeit des Somma-Vulkans für immer.

Aus den Schilderungen geht hervor, daß dieser Ausbruch der Somma i. J. 79 ein echter klasmatischer gewesen ist. Durch ihn wurde der Südrand zerstört. Das dadurch gewonnene Material wurde mit juvenilem vermischt gegen Süd geworfen und in Sorrent und Capri wurde die Landschaft damit hoch bedeckt. Bei Pompeji ist der Boden mit 2—2½ m hohen Aschenmassen bedeckt, die darüber lagernden verfestigten Tuffe erreichen an 5 m, partienweise wurden 7—8 m beobachtet. Die neuentdeckten römischen Villen bei Bosco tre case ruhen unter noch mächtigeren klasmatischen Schichten[2]).

---

[1]) Schneider, K. Der Vesuv und sein Ausbruch im Frühjahre 1906. „Lotos" Prag 1907. S. 18.

[2]) Deecke, W. Geol. Führer durch Campanien. Berlin 1901. S. 138. — Eine auf Exaktheit keineswegs Anspruch erhebende Berechnung ergab, daß die Massen der damaligen Eruption wohl bei wenigstens 5 km^3 betragen haben werden. Danach gehört der Paroxysmus vom Jahre 79 immerhin zu einem der größten der historischen Zeit überhaupt.

Der Ausbruch dürfte eine entfernte Ähnlichkeit mit dem des Bandaisan vom Jahre 1888 besessen haben. Nach dem Ausbruch war jedenfalls — der Heftigkeit des Paroxysmus nach zu schließen — kein neues Gebilde übrig geblieben, sondern nur der zerstörte Somma-Berg, in dessen tiefliegendem Krater die Nachklänge zu sehen waren.

In dem so erweiterten Krater baute sich allmählich ein neuer Vulkan auf: der Vesuv. Die Ausbrüche, die für die Jahre 203, 305, 326, 471 vermeldet sind, haben jedenfalls dazu beigetragen, die entstandene Vertiefung auszufüllen und zu erhöhen und bis zu dem obersten Rande des durch den i. J. 79 erfolgten Ausbruches weggesprengten Somma-Ringes zu führen.

Erst von diesem Momente an konnten sich die rheumatitischen Ergüsse über den Wall und die äußere Somma ergießen. Von diesem Ereignis ist erst aus dem Jahre 512 durch Magnus Aurelius Cassiodorus berichtet worden[1]).



Fig. 20. Ansicht des Vesuv vom Süden (nach Stübel).

Die folgenden Eruptionen brachten zwar häufige rheumatitische Ergüsse, aber immer waren sie von großen klasmatischen Ausbrüchen begleitet, welche in der letzten Zeit an Bedeutung zunahmen und heute im Vordergrunde einer jeden Eruption dieses Berges stehen. Sie übertreffen immer mit ihrer Masse die gleichzeitig mitgeförderte Lava um ein Beträchtliches. Der Ausbruch im April 1906, dessen Maße oben gegeben wurden, ist einer der jüngsten Fälle, welche sich am genauesten kontrollieren ließen.

Aus der Entwicklungsgeschichte der beiden Vulkane Somma-Vesuv ist zu ersehen, daß beide für sich abgeschlossene Individualitäten sind. Von ihnen ist der erstere der ältere und erloschene, der zweimal aussetzte, um mit großen klasmatischen Förderungen abzuschließen. Als letzte Phase seines ureigensten Gestaltens ist die teilweise Selbstvernichtung im Jahre 79 aufzufassen.

Erst nach dieser Zeit hebt an gleicher Stelle, nur um weniges

[1]) Stübel-Bergt. Der Vesuv. Leipzig 1909. S. 16.

verschoben, eine neue Ära an. Sie sieht den Vesuv werden. Mit dem 6. Jahrhundert tritt er eigentlich erst als Individuum in die Erscheinung. Größe und Mächtigkeit des älteren Verwandten stehen ihm nicht zu. Klasmatische Ausbrüche sind seine Eigenheit. In seinem Unterbau und wohl auch teilweise in seinem Oberbaue ist er gleich der Somma rheuklastischer Natur und Genesis. Durch den teilweise erhaltenen Somma-Vulkan und durch den weiten Kessel, aus dem sich der Vesuv heraufbauen mußte, ist die pseudoaspitische Grundlage dieses Berges geworden.

Dieser aspitische Unterbau wird am deutlichsten vom Süden, wo der ältere Somma-Vulkan die Profillinie nicht stört. Kaum 5° sind es, unter denen die Böschung bis an den Fuß des Berges ansteigt. Mit der klasmatischen Bauen zukommenden Hangneigung steigt plötzlich der eigentliche Oberbau des Vesuv auf. Umso steiler wird die Flanke, je



Fig. 21. Die Vesuvkonide i. J. 1906 vom Süden gesehen.

näher der Gipfel kommt. Scharf und deutlich ist der Knick zwischen Ober- und Unterbau (Fig. 20 u. 21) und umso bemerkenswerter, als er vor den Augen der Menschen geworden ist, aber nur dem Umstande ist er zu verzeichnen, daß die rheumatitischen Massen nur nach einer Richtung abfließen können.

Der Ätna.

Der weitaus größte Vulkan Europas, einer der größten der Erde überhaupt ist der Ätna. 3274 m ist seine Höhe. Seine Lavamassen berühren den Saum des Meeres, das östlich von ihm nach kaum 30 km über 3000 m Tiefe erreicht. Er ragt isoliert auf der weiten Fläche auf am Fuße der Monti Nebrodici, welche die Fortsetzung des calabrischen Gebirges bilden. Er baut sich somit am Außenrand des Gebirgsbogens auf, entgegen den übrigen Vulkanen Mittel- und

Süditaliens, welche innerhalb des weiten apenninischen Gebirgsbogens zur Entwicklung kamen. Er ist dadurch ähnlich situiert wie die Euganeen und ähnlich den erloschenen Vulkanen Mitteleuropas. Er ist ein Riese gegenüber den liparischen Feuerbergen, die am Innenrande des gleichen Gebirgsbogens liegen.

Die Basis, auf der der Ätna seine Massen übereinander aufgetürmt hat, ist eine beträchtliche. Der Durchmesser der mehr weniger kreisförmigen Grundlage liegt bei 45 km, das Volumen aber beträgt 850 km^3, d. h. würde die Masse auf Böhmen gleichmäßig ausgestreut werden, so erhöhte sich das Terrain um 16 m.

Ganz mählich steigt der Berg gegen den zentralen Teil, denn darin liegt die Besonderheit des Vulkanes, daß die Ausbruchsstelle nur um ein geringes von E.-W. im Laufe der Zeiten verschoben wurde. Dadurch kommt die etwas längliche Gestaltung des Oberbaues zustande (Fig. 22). Die Laven, welche den eigentlichen Unterbau zusammensetzen, treten rings um den Berg zur Erscheinung. Sie waren sehr reichlich und dünnflüssig, sonst wäre die weite Verbreitung und der geringe Neigungswinkel nicht erklärbar, welchen der Berg in seinem Unterbau zeigt. Dieser dokumentiert sich von allen Seiten als eine echte Aspite (Profile Fig. 22a u. b). Die Distanz zwischen der 1000 m und 2000 m Isohypse liegt immer noch weiter als 6 km. Erst von dieser Linie ab beginnt der Oberbau und mit ihm auch die Häufungen klasmatischen Materiales.

Seine Tätigkeit in historischer Zeit ist eine verschiedene. Nach der Verbreitung der Laven zu schließen, erstreckte sich die Agilität in den ersten Jahrhunderten auf die Südseite und nur geringe Massen flossen an der Westseite zu Tale. Alle Ausbrüche wurden durchwegs durch aus klasmatischem Material gefügte Homaten abgeschlossen. Diese stehen denn auch in großer Menge — über 200 werden angegeben — an den Flanken, warzengleich die Aspite bedeckend. Es ist dies eine allgemeine Erscheinung, welche sich eben in den verschiedensten Gebieten der Erde beobachten läßt.

Im 16.—18. Jahrhundert ist es wieder die Süd- und Westseite, welche eine neue Hülle und Decke durch rheumatitische Massen erhält. Die Ausflußöffnungen liegen höher als ehedem, mehr zu dem Fuße des eigentlichen aufgesetzten Berges. Erst mit dem folgenden Jahrhundert treten auch wieder an der Ostflanke einige Ströme zutage. Sie sind kurz und trotz der reichen Paroxysmen doch recht selten. Große Explosionsausbrüche sind bekannt mit reichen klasmatischen Förderungen. Die Homaten, welche aufgeführt wurden, sind keine kleinen Gebilde und die weggesprengten Massen, die das valle del bove entstehen ließen, sind nicht feztzulegen.

Fig. 22. Karte des Ätna mit den in historischer Zeit gewordenen Lavaströmen.
A = Valle del bove, B = Trifoglietto, C = Cratere eliticco.
Maßstab: 1 : 250 000.

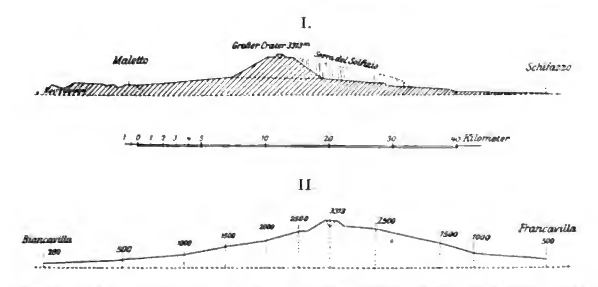


Fig. 22a und b. Profil durch den Ätna. I. Von WNW—ESE. II. WSW—ENE.

Erst in historischer Zeit ist die große Verlegung des Hauptkraters eingetreten. Das ehemalige Zentrum lag an der Stelle des heutigen valle del bove. Spätere Explosionen haben diesen Mittelpunkt weggesprengt und die ersten Anlagen des Tales geschaffen. Statt des alten Kraters, der an der Stelle der heutigen piane del Trifoglietto lag, entstand ein neuerer, der an 3000 m hoch aufgeschüttet wurde und weiter im NW. zu liegen kam. Es ist der Cratere eliticco.

Seit dem 17. Jahrhundert erfolgten jedoch sämtliche Ausbrüche aus dem heutigen gran cratere, der an 450 m im Durchmesser hat, zum größten Teil klasmatisches Material am Aufbau erkennen läßt und im Jahre 1669 entstanden ist. Dadurch ward die Ausbruchsöffnung neuerdings verschoben und zwar etwas nach SW.

So zeigt auch dieser Vulkanbau die aspitische Unterlage mit vorwiegend rheumatitischen Massen, darüber den zusammengesetzten rheuklastischen steil geböschten konidenartigen Oberbau. Flossen ehemalig dünnflüssige Magmen, so sind heutigentages poröse Schollenlaven zerfurcht und zerborsten und von zahllosen Massen zerspratzten Materiales begleitet. Ihrer wird aber auch hier ebenso wie am Vesuv und an anderen Bergen nicht geachtet sondern nur der Laven, deren genauen Verlauf aufzunehmen und festzusetzen als das Ziel geologisch-vulkanologischer Forschung gilt[1]).

Island.

Wesentlich schwieriger gestalten sich die Verhältnisse auf der fernen Insel Island die Entwicklungsgeschichte des Vulkanismus zu geben. Es hängt dies mit dem Größenmaß der Insel zusammen, dann vor allem damit, daß Island noch viel zu wenig nach dieser Seite hin besonders untersucht worden ist. Obwohl sie schon lange Studienobjekt geworden ist, ist doch die Erkenntnis über ihren Aufbau eine geringe. Diese Tatsache hat darin ihre Ursache, daß die Begehungen sich vielfach mehr auf die Länge der durchmessenen Bahn als auf das untersuchte Areal erstreckten und daß die Verhältnisse viel verwickelter sind, als ursprünglich angenommen worden ist. Nicht nur daß tektonische Störungen das Antlitz der 104000 km² großen Insel zerfurchten,

[1]) Die Literatur über den Ätna ist eine bedeutende. Für den Bau und die Entwicklung kommt nach wie vor Sartorius von Waltershausen in Betracht. Von großem Behelf ist E. Chaix: Carta volcanologica e topographica dell' Etna 1 : 100000. Ginevra 1892. — Die Berichte lassen immer nur der Lava das Wort. Der Ausbruch (1910) brachte eine Menge Berichte, aber nur in einem einzigen fand sich eine genauere Angabe, daß durch ihn eine Menge neuer Hügel entstanden seien, welche nur klasmatisches Material am Aufbau erkennen ließen, die von größerer Bedeutung seien als die Lavaströme.

haben die immer wiederkehrenden Ausbrüche, Vergletscherung, Abschmelzung und wiederkehrende Vereisung das Bild in einzelnen Teilen der Insel so verwischt, daß heute erst der Anfang der Lösung ist und folgende Forschungen neue Erkenntnis in reichlichem Maße bringen werden[1]).

Island ist mit geringen Ausnahmen im nördlichen Teile zur Gänze vulkanischen Ursprungs. Die ersten Anfänge reichen zurück in das Oligozän. Seit dieser Zeit nimmt der vulkanische Entwicklungsprozeß an dieser Erdstelle seinen Lauf, um mit immer deutlicher erkennbarem Abschwächen und Austönen bis in die Gegenwart anzudauern. Gerade die Größe der Insel läßt erkennen, daß die Eruptionsgebiete nicht nur wandern, sondern auch geringer werden an Ausdehnung und Förderung und überdies zwischen den Höhepunkten vulkanischer Eruptionsperioden lange Pausen eintreten. Auch auf Island zeigt sich das Gesetz der verschiedenen Förderungsart im Laufe der Zeit.

Das Grundgefüge und den weitaus größten Raum nehmen die tertiären Ergüsse ein, zwischen denen vielfach klasmatische Produkte liegen neben Tonen und Mergeln. In ihnen sind Súrturbrandur eingebettet, vielfach insbesondere im nördlichen Teil verkieselte Hölzer, deren Größe darauf hindeutet, daß ehedem auf der Insel andere klimatische Verhältnisse herrschend gewesen sein müssen als heutigentages und daß die langen Ruhezeiten eine üppige Vegetation aufkommen ließen.

Dieser basaltische tertiäre Grundbau hat durch tektonische Störungen eine Auflösung erfahren. Große Stücke sind zur Tiefe gegangen. An ihrer Stelle wogt heute die See. Insbesondere hat der südliche Teil eine arge Zertrümmerung erlitten.

Nur gering sind die tertiären Horste inmitten der jugendlichen Materialien im südlichen Teile der Insel.

Die rheumatitischen Massen, welche zu weitem Baue sich ausdehnten, wurden später völlig aufgelöst. Ob aber durch dieses Zusammenbrechen die hypothetische Brücke zwischen Island über die Far-Oer der Vernichtung anheimfiel, ist mehr als zweifelhaft. Vielmehr deuten eine Reihe von Umständen darauf hin, daß eine solche Landbrücke

[1]) Aus der großen Zahl von Einzeluntersuchungen und Gesamtdarstellungen seien genannt vor allem Th. Thoroddsen. Island I. und II. E. H. zu. P. M. Nr. 152, 153. — Pjetursson, H. Om Islands Geologi. Kopenhagen 1905. — Schneider, K. Vulkanologische Studien aus Island, Böhmen, Italien. Lotos 1906. — Beiträge zur physikalischen Geographie Islands. P. M. 1907. — Sapper, K. Über einige isländische Vulkanspalten und Vulkanreihen. N. Jb. f. Min. 1908. — Spethmann, H. Der Aufbau der Insel Island. Zentralbl. f. Min. 1909 mit zahlreicher Literaturangabe. — Pjetursson, H. Island. Handb. d. reg. Geologie. IV Bd. 1. Abb. Heidelberg 1910.

überhaupt nie bestanden hat, wie insbesondere H. Spethmann nachzuweisen versuchte, obwohl seitdem wieder aus zoologischen und floristischen Gründen die Landbrücke hergestellt wurde[1]).

Soweit die Kenntnis durch die neueren Untersuchungen vorgeschritten ist, zeigt sich eine ähnliche und selbst gleiche Entwicklungsreihe und -geschichte in Island wie an anderen Stellen der Erde gleichen Ursprungs. Nur tritt die mächtige nordische Vereisung im Diluvium störend dazwischen, verhüllt und verwischt vielfach das Bild. Ihre Gebilde — eruptives Material der früheren Periode — legen sich zwischen die juvenilen Massen, vermengen sich zu einheitlicher Masse (Jökullhlaupsediment) oder hobeln zum mindesten die alten Aspiten glatt ab, daß nur spätere Umgestaltung wieder von ihnen Kunde gibt (Hof, Nordisland). Umgekehrt aber vermochten wieder die juvenilen Massen dem drängenden Eise die Bahnen vorzuschreiben. So wechselten Feuer und Eis bis zur Gegenwart ständig miteinander und schufen den unfertigen Bau der fernen Insel. Verschiebungen, von Erdbeben vielfach begleitet, traten dazu, das Bild noch verwickelter zu gestalten. Keinerlei Fossilien — die älteren Surturbrandur und das Crag ausgenommen — leiten in dem scheinbaren Labyrinth, um die Entwicklung zu zeigen. Hier werden die Formen der Baue, die Förderungsarten der Ausbrüche die großen Leitmotive, welche die Lösung zeigten und damit auch den Fingerzeig für andere ähnliche Gebiete gaben. Diesen nach zu schließen erfolgte die Herausmodellierung und der Aufbau der Insel in folgenden vier Perioden.

In der I. Periode entquollen dünnflüssige Basaltmassen, deren Mächtigkeit partienweise bis 80 m anschwoll. Durchschnittlich freilich sind diese Basaltdecken nur 5—8 m. Untergeordnet finden sich zwischen ihnen klasmatische Förderungsprodukte.

Sie setzte im Oligozän ein.

Im Miozän tritt eine lange Ruhepause ein. In dieser nimmt die Vegetation Besitz von der Insel. Tone und Mergel setzen sich ab. Da aber der Ton, insbesondere der weiße, mitunter bis 3 m von Bimsstein zwischengelagert ist, so muß geschlossen werden, daß diese Ruhe nicht mit einer völligen Ausbruchspause identisch ist. Dieser Ruhepause folgt eine neuerliche Tätigkeit im Pliozän.

In dieser II. Periode stehen zunächst wieder rheumatitische Ergüsse an der Tagesordnung. Zu den Basalten treten vielfach zähflüssige Liparite. Zu den Pedioniten, die bislang gebildet wurden, kommen Aspiten.

[1]) Scharff, R. F. On the evidences of a former land-bridge between northern Europe and North Amerika. Proc. Royal Irish Acad. Vol. XXVIII B. Nr. 1. Dublin 1909.

Diese Periode wird abgeschlossen durch die erste große Vereisung, welche Island im Diluvium betroffen hat. Doch ruht auch in dieser Zeit die Eruptionstätigkeit keineswegs, sondern bringt selbständige Baue zustande. Sie sind durchwegs rheumatitischer Natur.

In der III. Periode entsprechend dem Interglazial Islands, bei dem das Eis sich weit in das Innere zurückzog, trat der Vulkanismus neuerdings in Erscheinung. War schon das Areal der II. Periode ein geringeres als in der ersten, schloß es den nördlichen und östlichen Teil völlig aus, so treten nunmehr zwei scharf gesonderte Vulkangebiete auf. Das eine im Süden und Südwesten, das andere im Myvatner Staffelland. Beide Gebiete stehen aber durch einzelne Vulkane in einem äußeren Zusammenhang, in gleicher Weise wie der rezente Vulkanismus in einem weiten Bogen quer durch die ganze Insel von SW. nach N. durch Eruptionspunkte angeordnet erscheint. Die Förderungsprodukte gehören der klasmatischen Reihe zu, ihre Koniden und Rückengebilde beeinflussen das neuerlich vorstoßende Eis der zweiten Hauptvereisung Islands in seiner Richtung. Vielfach geht insbesondere im Innern das Eis über sie hinweg und läßt seine Furchen zurück. Subglaziale Ausbrüche sind auch für diese Periode nicht auszuschließen[1]).

Eine IV. Periode sieht mit dem zweiten Hauptrückzug des Eises neuerdings rheumatitische Ergüsse zu Aspiten und Pedioniten werden.

Die Physiognomie der Laven dieser Zeit ist die der oben beschriebenen Helluhraun. Sie ist in ihrem Auftreten auf das Gebiet beschränkt, das seit der III. Periode der Schauplatz vulkanischer Kraftäußerungen ist.

Diese IV. Periode dauert noch heute an und ist dem Verlöschen entgegengehend. Die Helluhraun wird von der Apalhraun abgelöst, zu den Schweißschlackengebilden treten als jüngste Großformen klasmatische Homaten in Menge. Ihre Bildung ist vorhistorisch, z. T. auch historisch. Diese Gebilde deuten, daß die explosive Tätigkeit einzusetzen beginnt, daß der Vulkanismus Islands einer neuerlichen großen Ruhepause oder auch dem Erlöschen entgegengeht.

Nimmt die Ausbruchsform immer mehr den Charakter der klasmatischen Förderung an, zeigen selbst die großen rheumatitischen Ergüsse nicht mehr die reine Form der Helluhraun[2]), sondern vielmehr die der Apalhraun, so treten insbesondere aus der Chronik die Charakteristiken der vorgeschrittenen zweiten Förderungsart immer deutlicher in die Erscheinung.

---

[1]) Sapper, K. Über einige isländische Lavavulkane. Monatsber. d. geol. G. Bd. 59. Jg. 1907, Nr. 3.

[2]) Schneider, K. Zentralbl. f. Min. Jg. 1910, Nr. 2.

Neben ihr ist in ungezählter Menge die pneumatitische Phase entwickelt, welche von dem zischenden Heißluftaustritt über die Fumarole den Geysir zum Laugar und Schlammvulkan übergeht und tiefe Einblicke in die Genese heißer Quellen gestattet[1]).

Was der Vulkanismus Islands in seiner Gesamtheit erkennen läßt, das zeigen einzelne Vulkan-Individuen der Insel. Leider stehen für kompliziertere Baue wie die Hekla die Untersuchungen aus. Nur das eine läßt die Morphologie des Berges erraten, daß als Unterlage große Massen dünnflüssiger Lava dienten, über die klasmatische und rheumatitische Ergüsse folgten, so daß in ihr ein typischer rheuklastischer Bau vorliegt. Da mehrere Ausbruchsöffnungen nebeneinander zu liegen kommen, welche nach- oder zugleich miteinander förderten, so ist der Bau des Berges ein langgestreckter.

Für ein kleines Vulkangebiet zeigen sich die Anläufe seiner Genesis: die Askja. Erst in der letzten Zeit wurden diese Untersuchungen bis zu einem gewissen Erkenntnisgrad geführt.

Dieser Berg, der da mitten in der innersten Wüste Islands liegt, zeigt zwei verschiedene Entwicklungsperioden, eine ältere und eine jüngere. In der ersten wurde anscheinend durch bedeutende klasmatische Förderungen der große Ringwall gebildet, der den Dyngjufjöll zusammensetzt, der im SE.-Rand bis auf 1500 m ansteigt und in seinem nördlichen Teile zwischen 1400—1450 m schwankt. Der Tröllodyngjapaß mit 1200 m, der Johnspaß mit 1300 m und Askja-Op mit 1000 m sind die Unterbrechungen dieses mächtigen Walles. Tektonische Störungen haben insbesondere den Außenrand stark beeinträchtigt[2]).

Das Alter dieses Berges ist zurzeit unbekannt. Dem geförderten Materiale nach zu schließen ist er wahrscheinlich interglazial (?). Sicher ist nur, daß die Prozesse, die sich innerhalb seines weiten Walles abspielten, postglazial sind.

Das Spiel begann mit bedeutenden rheumatitischen Ergüssen, die sich zu einer echten Aspite ausbauten. Dieser so entstandene Berg brach in sich zusammen und bildete die Askja-Caldera.

Neben der Apalhraun, welche sich innerhalb der Caldera ergoß, kam es am Rande zur Herausmodellierung von Schweißschlackenhügeln

[1]) Thoroddsen, Th. De varme Kilder paa Island. Kgl. danske Vidensk. Selsk. 1910. No. 2.

[2]) Zu diesen Ausführungen vgl. außer den angegebenen Schriften die Karte der Askja in v. Grumbkow. Ísafold. Berlin 1909. S. 161 und H. Spethmann. Vulkanologische Forschungen im östlichen Zentralisland. N. Jb. f. Min. Stuttgart 1908. S. 381 ff. Ich wage nicht auf Grund der wenigen vorliegenden Beobachtungen ein Urteil über den Dyngjufjöll abzugeben. Dürfte man sich zu weiten Schlüssen herbeilassen, so kann man diese Bildung als klasmatische Aspite im Sinne des Pipernokraters in Süditalien auffassen.

und klasmatischen Homaten. Endlich ward infolge eines bedeutenden Explosionsausbruches der Rudloffkrater. Nicht Lava, sondern „nur loses Explosionsmaterial (kam) zutage, das nur einen niedrigen Kraterwall aufschüttete, sonst sich aber flächenhaft ausbreitete, so daß es zum Aufbau eines Vulkanberges überhaupt nicht erst kam“. Damit ist die vierte Phase im Lebenslauf der Askja beschlossen und im einzelnen Falle das gezeigt, was für den Vulkanismus der ganzen Insel gilt. Die Natur der verschiedenen Laven, von denen früher ausführlicher gesprochen wurde, die abnehmende Masse der geförderten rheumatitischen Ergüsse und das Überhandnehmen homatischer Formen und Ausbrüche von sehr explosivem Charakter sind Beleg.

Pneumatitische Förderungen sind in Menge die jetzigen Vertreter und Zeugen des ehemaligen und noch heute tätigen Vulkanismus.

Zu den bisher behandelten Vulkangebieten treten weitere hinzu, von denen nur wenige noch in diesem Zusammenhange Erwähnung finden sollen.

Der Vulkan von Santorin setzte nach der ersten großen Tätigkeit, welche den weiten Kessel von 10 bezw. 6 km Durchmesser zwischen Thera, Therasia und Aspronisi geschaffen hat, nur zähflüssige Lava an die Oberfläche innerhalb des alten Kraters. Tholoide Kuppen sind es, welche infolgedessen geschaffen wurden. Vielfach sind aber auf ihnen die Brotkrustbomben zu finden, welche die Zähigkeit und den Gasgehalt des Magmas ahnen lassen. Aber auch bei diesem Feuerberg wurden 729 n. Ch. rein klasmatische Produkte gefördert, die bis nach Kleinasien und nach Abydos auf den Wellen getragen wurden. Die jüngsten Rheumatika aber, die 1866 den Georgios aufbauten, erinnern an die zackige und Schweißschlackenlava Islands[1]).

Hier auf Santorin spielen sich die gleichen und analogen Verhältnisse ab, welche früher auf Methana und Aegina vor sich gingen[2]).

Was Junghuhn für die Feuerberge Javas ausgesprochen hat, das hat nach ihm Stöhr bei Besprechungen des G. Tengger in Ostjava fester geformt und gezeigt, daß auf dieser Insel zuerst Lavaströme, dann Lavatrümmerströme und endlich nur Ascheneruptionen folgten[3]), während v. Drasche die Entwicklung der Vulkanbildungen auf Luzon

---

[1]) Fritsch-Reiss-Stübel. Santorin. Heidelberg 1867. — v. Seebach. Über den Santorin. Göttingen 1867. — Schmidt, J. Studien über Vulkane und Erdbeben. Leipzig 1881.

[2]) Reiss-Stübel. Ausflug nach den vulkanischen Gebirgen von Aegina und Methana i. J. 1866. Heidelberg 1867.

[3]) Stöhr, E. Der Vulkan Tengger in Ostjava. Dürkheim 1868.

damit beschließt, daß er ausführt, „sowie im kleinen bei einem vulkanischen Paroxysmus gewöhnlich Aschenausbrüche die Eruption beschließen, so scheinen am Ende der Tätigkeit einer vulkanischen Spalte die Vulkane auch nur mehr Aschenprodukte auszuwerfen“ [1]).

Das gleiche gilt für andere Teile des indophillinen Vulkanbogens. So stehen „die Vulkane der Minahassa (Celebes) offenbar in der letzten Periode ihrer Tätigkeit, die meisten befinden sich im Solfataren- (pneumatitischen) Zustand. Nur bei wenigen ereignen sich ab und zu heftigere Ausbrüche von Asche und losen Steinen. Eigentliche Lavaergüsse finden nicht mehr statt“ [2]).

Bezüglich Ecuadors hat Stübel darauf hingewiesen [3]), daß Lavaströme in historischer Zeit recht spärlich sind, obwohl sie in prähistorischer Epoche vorhanden waren. Umsomehr deuten die Verhältnisse darauf hin, daß die letzten Eruptionen klasmatischer Natur waren und sind.

Die Beispiele lassen sich im einzelnen noch vermehren und es werden im späteren Verlaufe eine ganze Reihe noch hinzukommen, die sich hier nur eintönig anschließen lassen. Aus allen diesen zahlreichen Einzelfällen geht das eine große Leitgesetz für die Entwicklung des Vulkanismus der Erde seit dem Tertiär hervor:

Seit dem Tertiär erfolgt eine Abschwächung, die zugleich mit einer verschiedenen Förderungsart Hand in Hand geht. Ist der tertiäre Vulkanismus ausgezeichnet durch ein Vorherrschen rheumatitischer Ergüsse, so ist es der rezente durch ein solches vorwiegender klasmatischer Förderung. Daher auch der Gegensatz der vulkanischen Formen im Tertiär und in der Gegenwart. Nicht der willkürlich-historische Zeitabschnitt, sondern die Förderungsart und dadurch geschaffene Form gibt dem Geologen den Schlüssel, wann er ein Eruptionsgebiet als erloschen zu betrachten hat.

Das genetische System vulkanischer Baue

Die Untersuchung der orographischen Verhältnisse der Formen, welche durch vulkanische Kraft seit dem Tertiär auf der Erdoberfläche geworden sind, führte zur Aufstellung eines eigenen orographischen

[1]) v. Drasche a. a. O. S. 72.

[2]) Bücking, H. Beiträge zur Geologie von Celebes. P. M. 1899. S. 249.

[3]) Stübel, A. Die Vulkanberge v. Ecuador. S. 134.

Systems. Das Studium der lunaren Großformen ergab, daß auch auf diesem Weltkörper analoge Verhältnisse herrschen und gleiche Baue im Laufe der Entwicklung gezeitigt wurden. Allerdings ergibt sich, daß hier nicht die gleiche Formenanzahl zu erkennen ist, wie auf der Erde, daß hier einzelne Formen, wie das Maar, zu fehlen scheinen und auch für die Belonite konnte kein Vertreter auf dem Monde gefunden werden. Allein diese letztgenannten Typen sind umso schärfer auf der Erde zu erkennen und lehren hier die eine Tatsache, daß sie eigentlich die kleinsten Baue vulkanischer Kraft sind. Am Monde läßt sich aus den Größenverhältnissen schließen, daß mit der Zeit auch dort kleinere Formen zustande kamen. Nichts schließt aus, daß auch der Mond Belonite und Maar beherbergt, umsomehr als explosive Bildungen höchstwahrscheinlich als jüngste Ausbruchsarten vorhanden waren. Nur die Kleinheit der entstandenen Formen läßt diese Vertreter am Monde nicht kenntlich werden.

Die Analyse der Entwicklung des terrestrischen Vulkanismus lehrt an zahlreichen Beispielen, daß dieses Phänomen seit dem Neuerwachen mit der Mitte des Tertiärs bis zur Gegenwart immer mehr abgenommen hat, dabei an Gestaltungskraft verlor und mit der Annäherung zur Gegenwart auch in der Förderungsart einen Wandel erfuhr.

Herrschte ehedem der rheumatitische Erguß vor, so ist in der Gegenwart das Hervortreten der klasmatischen Förderung immer schärfer und deutlicher. Waren in der ersten Zeit dünnflüssige Laven, welche leicht über weite Strecken fließen konnten und sich nur mäßig durch Übereinanderfließen zu einem flachen schildförmigen Baue gestalteten, so traten später zähflüssigere an ihre Stelle. Der leichte Erguß, die weite Verbreitung war dadurch genommen, die Höhe der Gebilde wuchs auf Kosten der Grundbasis. Endlich überwog die Höhe letztere völlig.

Waren schon bei dem ersten Erwachen zugleich mit dem rheumatitischen Erguß klasmatische Förderungen aufgetreten, die aber keineswegs als ständige Begleitung anzusehen sind, ja, völlig fehlten (Aspite, Tholoide, Belonite), so treten sie mit dem Diluvium als das herrschende Element in den Vordergrund der Erscheinung und charakterisieren die Eruptionen der Gegenwart.

Die gleichzeitig geförderten rheumatitischen Massen lassen eine andere Struktur erkennen als die der früheren Periode. Poröse, zackige spratzige Lava steht heutigentages als rezentes Produkt der dichten kompakten ebenen des antiken Vulkanismus gegenüber und deutet in Gemeinschaft mit den klasmatischen Produkten darauf hin, daß die Konsistenz der zu fördernden Masse in der Gegenwart anders geartet ist als ehedem, daß die Kraft zur Förderung in der Gegenwart anders geartet sein muß als früher, daß mit Hilfe dieser in ihrer Konsistenz

geänderten Masse andere Baue werden müssen als sie ehedem werden konnten.

Treten im antiken Vulkanismus Gebilde auf, welche durchwegs aus deutlich übereinander geschichteten rheumatitischen Massen zusammengesetzt sind, durchwegs von der Basis bis zum Scheitel eine homogene Bildung sind, so treten gegen die Jetztzeit Baue in den Vordergrund, welche homogen von der Basis bis zur höchsten Spitze des Wallkranzes aus geschichtetem klasmatischem Material gefügt sind (Fig. 23). Beide Baue haben homogenes Material in petrographischer Beziehung, beide Baue sind deutlich geschichtet.

Darin liegt das Unzulässige und Unrichtige in der Nomenklatur und Bezeichnung homogener Bau, wie er in der Gegenwart zur Bezeichnung von Formen vulkanischer Herkunft gebraucht wird, welche nur aus rheumatitischen Massen gefügt sind. Darin liegt aber auch schon das Falsche in der Prägung Stratovulkan, worunter jener Bau verstanden werden soll, der aufgeschichtet wurde durch Laven und Aschen. Auch homogene Baue sind geschichtete und auch geschichtete Vulkane sind durchwegs homogene.

Das genetische Vulkansystem muß demnach von dieser Bezeichnung völlig Abstand nehmen und nur von der Tatsache ausgehen, daß sich an dem Aufbau des Berges nur rheumatitische Massen beteiligen oder nur klasmatische oder beide zusammen in verschiedener Wechselwirkung. Daher läßt sich nur die eine große Haupteinteilung vulkanischer Baue in genetischer Beziehung durchführen.

Es sind dies drei Hauptgruppen:

1. Rheumatitische,
2. klasmatische,
3. rheuklastische Vulkane.

Erst auf Grund dieser Haupteinteilung in genetischer Beziehung kann die weitere Unterabteilung erfolgen. Sie muß sich aber, will sie nicht lose dastehen und mit der Natur in Widerspruch treten, so eng als möglich der morphologischen, orographischen Einteilung anschließen.

Das orographische System ergibt sieben Grundformen vulkanischer Baue: 1. die Pedionite, 2. die Aspite, 3. die Tholoide, 4. die Belonite, 5. die Konide, 6. die Homate, 7. das Maar.

Die Untersuchung der Baue bezw. die Geschichte der Entwicklung des Vulkanismus seit dem Tertiär zeigt, daß von diesen sieben Grundformen die ersten vier sich vorwiegend oder ausschließlich der rheumatitischen Gruppe nähern, während 6 und 7 die klasmatische Natur unverkennbar zur Schau tragen. Die Konide steht dagegen zwischen beiden Extremen. Sie ist

der typische Vertreter des rheuklastischen Baues, nähert sich aber in ihrem Oberbau sehr der klasmatischen Hauptgruppe, zumal häufig genug ihre Gipfeleinsenkung mit echten Homaten bestellt ist und zahlreiche Koniden vorhanden sind, welche zur Gänze klasmatisches Material am Aufbau erkennen lassen.

Der Prozeß der Bergbildung aus rheumatitischem Materiale geht nicht immer einfach durch normales Überfließen vor sich, sondern nimmt bei zäher Beschaffenheit der Lava die Natur der Überquellung an.

Bei den Tholoiden ist dies keineswegs noch der Fall. Bei ihrem Werden sind Vorgänge als richtig vorzustellen, welche für



Säulenförmige Absonderungsformen eines präglazialen Spaltenergusses

Fig. 23. Geschichteter homogener klasmatischer Vulkan am linken Ufer der Jökulsá i Axarfjordur (Island).

die Genesis des Mondtholoiden angeführt worden sind. Aber auch bei der Belonite ist der Prozeß keineswegs eine einfache Stauung, sondern auch hier ist eine Art Überfließen vorzustellen. Der Gipfel der Belonite am Mt. Pelée war keineswegs der älteste, sondern der jüngste Teil, nur hat die Zähflüssigkeit ein Fließen völlig verwischt und verborgen.

Diese endogene Stauung ist also keineswegs als ein einfaches Hervortreten der rheumatitischen Masse im Sinne Leopold v. Buchs aufzufassen, sondern als ein Durchquellen der Masse in sich, so daß

sowohl bei der Tholoide als auch bei der Belonite die Gipfelpartie die jüngste ist[1]).

Sonach ergibt sich, daß alle vulkanischen Baue durch ein übereinander, sei es normales Fließen, Schichten, sei es Quellen entstanden sind, so daß bei allen Bauen das Oberste zugleich auch das Jüngste ist.

Es bleibt für das genetische System somit nur die Form der geförderten Produkte als Einteilungsgrund übrig.

Danach ergibt sich folgendes genetisches System vulkanischer Baue und Formen:

1. rheumatitische,
2. rheuklastische,
3. klasmatische Baue.

Dieser Grundeinteilung entspricht eine weitere Unterabteilung in der Form, daß zu

1.	2.	3.
Pedionite	Konide	Aspite (äußerst selten)
Aspite	(Pseudoaspite)	Homate
Tholoide		Maar
Belonite		

gehören.

Dieser Gruppierung entspricht im allgemeinen in jedem einzelnen Vulkangebiet auch die Altersfolge, so daß sich endlich folgendes letztes genetische System vulkanischer Gebilde aufstellen läßt:

Ältere	Eruptionsphase	rheumatitische =	ältere Gebilde	Pedioniten, Aspiten
			jüngere Gebilde	Tholoide, Belonite
Mittlere		rheuklastische =	Konide (Pseudoaspite)	
Jüngere		klasmatische Gebilde	Homate, Maar	

[1]) Ich habe mit Absicht den Bildungsprozeß etwas breiter ausgeführt, weil meine früheren Ausführungen diesbezüglich mißverstanden zu sein scheinen. Wenigstens geht dies aus der Besprechung P. Großers meiner Arbeit „Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus“ P. M. Jg. 1900 S. 280 hervor. Ich gebrauche ausdrücklich das Wort „quollen“. Mit diesem Ausdruck verbindet sich immer die Vorstellung des von innen heraus, nie die des einfachen Wachsens. Die nunmehr gemachten Ausführungen dürften endgültige Klarheit erbringen.

Die klasmatische Aspite, die äußerst selten ist, unterscheidet sich von der rheumatitischen im terrestrischen Vulkanismus durch das Vorherrschen des Diameters der Kraterwallung.

Auch der rheuklastische Bau kann Aspitenform annehmen. Es ist dies die Pseudoaspite.

Das genetische System, aufgebaut auf morphologisch-geologischer Grundlage, gestattet einen Einblick in die Frage der Bildungszeit und Bildungsdauer eines vulkanischen Baues.

Die Entwicklungsgeschichte des Vulkanismus seit dem Tertiär zeigt, daß der rezente nur eine fortgeschrittene abtönende Phase des antiken ist. Die meisten Vulkangebiete lassen erkennen, daß ihr erstes Beginnen in jener Gestaltungsepoche der Erde überhaupt anhebt. Aber ebenso läßt die Beobachtung die Tatsache festlegen, daß ein großer Teil der im Tertiär zum ersten Male in die Erscheinung tretenden Vulkane in der Gegenwart als erloschen zu betrachten ist, und daß sie ihre Tätigkeit zum ebenso großen Teil bereits damals abgeschlossen haben, während an anderer Stelle neue Massen hervorbrachen.

Daraus ergibt sich, daß vulkanische Baue zu ihrer Bildung einen größeren Zeitraum für sich beanspruchen, der durch große oder kleine Pausen unterbrochen ist. Nur für wenige Bildungen ist festzulegen, daß sie durch eine einzige Kraftäußerung geworden sind.

Es sind dies diejenigen, welche einmal als sehr jung anzusprechen sind, zum anderen hauptsächlich der Gruppe klasmatischer Feuerberge angehören. Es ist dies die Homate und das Maar.

Aus der Gruppe rheumatitischer Vulkane sind nur Tholoide und Belonite zu nennen, die in einem relativ kleinen Zeitraum entstanden sind. Auch sie sind aus jener Unterabteilung, welche die Tätigkeit eines Vulkangebietes abschließt.

Nicht so die Pedionite, Aspite und Konide. Ihr Aufbau läßt erkennen, daß sie zu ihrem Werden einen geologisch längeren Zeitraum für sich in Anspruch nehmen.

Das Werden der belonitischen Bildung am Mt. Pelée vollzog sich vor den Augen des Menschen ebenso wie das der Homate Mt. Nuovo.

Der Quell- und Explosionsprozeß kann nur einem einzigen Akte entsprechen, nach dessen Abschluß die Tätigkeit für immer abgeschlossen ist. Nirgends konnte bislang über einer Tholoide oder Belonite eine andere Form als aufgesetzt beobachtet werden. Wohl aber treten über Pedioniten und Aspiten jüngere Formen auf und die Konide zeigt schon in ihrem ganzen Aufbau die wechselvolle Geschichte ihres Bestandes. Vielfach trägt ihr erloschener Gipfel die junge, in kurzer Zeit gebildete Homate.

Diese aber ist ebenso wie das Maar das Werk eines einzigen kurzen explosiven Ausbruches. Homaten kreuzen sich vielfach und

zerstören sich gegenseitig durch Ineinandergreifen ihrer Baue. Sie können nebeneinander und ineinander werden. Nirgends zeigen sie sich übereinander.

Niemals aber kreuzen sich Maarbildungen. Der Ausbruch, der das Material juvenil dem Erdtiefen entrissen hat, verstopft zugleich oder doch vielfach mit dem durchbrochenen Gestein die Durchschlagsöffnung. Weder das juvenile Material noch die durchschlagende Kraft reichten, um größere Gebiete über der Erdfeste zu gestalten. Daher sind Maare nicht Embryonen vulkanischer Baue, sondern nur Epigonen vulkanischer Kraftäußerung[1]).

Damit geht das genetische System enge geschlossen mit dem orographischen und kommt somit dem Verhältnis in der Natur am nächsten.

Zeitlich folgen sich somit Pedionite, Aspite und Tholoide. Die beiden vielfach gleichzeitig oder doch nur um geringes unterschiedlich. Ihnen gesellt sich zu die Konide.

Pedionite, Aspite und Konide haben in der relativ langen Bildungszeit den gemeinsamen charakteristischen Zug.

Homate und Maar schließt in kurzer Zeit des Werdens den Zyklus vulkanischer Kraftäußerung.

Ihnen verwandt ist die Belonite.

Es ergibt sich danach der vulkanische Zyklus seit dem Tertiär:

In der Vollkraft des Anhebens, Einsetzens und Erscheinens des vulkanischen Phänomens treten rheumatitische Ergüsse auf. Sie schaffen weite Ebenen, Pedioniten. Mählich verklingt die Erscheinung. An die Stelle der Pedionite tritt die Aspite, endlich die Tholoide, welche durch die Belonite abgelöst wird.

Schon über der Aspite beginnen langsam mit immer größerem Betonen klasmatische Förderungen aufzutreten, so daß über der aspitischen Unterlage durch Wechsellagerung rheuklastische Koniden werden, welche selbst wieder durch die eingelagerte Homate den normalen Abschluß erfahren. Vielfach erfolgt dieser Schlußakkord auch ohne den rheuklastischen Zwischenbau, so daß die Homate direkt der Aspite auf- bezw. eingelagert wird.

---

[1]) Diese folgerichtige Konsequenz, welche sich aus der Natur des Phänomens und seiner Entwicklungsgeschichte von selbst ergibt, wurde von mir schon früher angedeutet und ist in der Natur der Phasen des Vulkanismus begründet. In der vorhandenen Literatur ist meines Wissens nach nur durch v. Knebel darauf hingewiesen worden. In seinem nicht immer einwandfreien Büchlein „Der Vulkanismus" (Die Natur, III. Bd. S. 49) weist er darauf hin, daß die großen Explosionen, „welche die maarähnlichen Gebilde geschaffen haben . . fast immer an Gebiete gebunden (sind), in welchen ehedem schon der Vulkanismus gewirkt hat." Die Maare sind die jüngsten Formen, sie sind „keine Embryonen des Vulkanismus, sondern eher Epigonen, also Nachzügler derselben." (Ebenda S. 50.)

In allen diesen Phasen werden durch die juvenilen Massen neue positive Formen über der Erdoberfläche geschaffen.

In der letzten Nachzügler-Phase wird nicht aufgebaut, sondern zerstört. In kurzen heftigen Explosionen entstehen Bildungen innerhalb der Erdkruste, die vielfach nicht einmal an die Erdoberfläche treten. Nicht positive, sondern negative Formen sind diese Epigonen vulkanischer Kraft.

Schwach tönt das Phänomen aus. Pneumatitische Gebilde treten in die Erscheinung, auch sie vergehen. Der Zyklus ist geschlossen.

An den gewordenen Bauen und Formen nagen die destruktiven Kräfte. Aber sie sind nicht imstande, aus einer Aspite eine Tholoide oder Belonite und umgekehrt zu formen. Die feinere Beobachtung läßt immer den ursprünglichen Bau wieder herstellen. Die leichten Massen der Koniden werden verschleppt, der Berg erniedrigt, der Krater verwischt und vielfach bleibt als Rest der Verbindungskanal zwischen Oberfläche und Erdtiefen als fester belonitenartiger Stumpf als letztes Denkmal irdisch-kosmischer Kraft übrig.

Destruktive Kräfte bringen es mitunter zuwege, daß die epigonenhaften negativen Maare zu positiven Bauen werden, wie z. B. der Konradsfels in der schwäbischen Alb.

Der Mond läßt auf seiner dem Auge ersichtlichen Fläche diesen gegebenen Werdegang erkennen, die feineren Details gibt die Geschichte der Erde seit dem Tertiär.

Nicht die willkürlich gesetzte menschliche Zeitperiode gibt den Schlüssel, wann ein Vulkangebiet als erloschen anzusehen ist, sondern die Förderungsart, das Förderungsprodukt und die entstandene Form.

Die letzte Phase der Entwicklung des Vulkanismus sind die pneumatitischen Ausbrüche, worunter alle jene zu verstehen sind, welche gemeiniglich als nachvulkanische Erscheinung bezeichnet werden. Darunter gehört demnach auch die heiße Quelle, ob sie nun als Geysir oder als intermittierende Quelle auftritt[1]). Als selbständige Bildungen treten sie aber doch nur in wenigen Gebieten auf. Solche Phänomene, wie sie Domeyko am Cerro Azul beobachten konnte, können nicht in diesen Kreis einbezogen werden. Denn hier entstanden am 26. Nov.

[1]) Daß es berechtigt ist, die heiße Quelle als pneumatitische Phase aufzufassen, geht aus der Natur des Phänomens hervor. Wie immer die genetische Auffassung sein mag, ob man die heiße Quelle als juveniles Wasser im Sinne von E. Sueß nimmt oder durch zuströmende Wärme aus dem Erdtiefen als hervortretendes oberschächtiges Wasser, so ist die Einteilung berechtigt, denn in beiden Fällen sind es intratellure Vorgänge, welche das Phänomen hervorrufen.

1847 längs eines 8—9 km langen Bruches Solfataren usw. Im Jahre 1848 waren sie noch in voller Tätigkeit, 1857 waren sie schon sehr stark eingeschränkt, 1873 aber völlig erloschen[1]). Nicht in dem raschen Abnehmen, sondern in der Dauer, in ihrem permanent verharrenden Zustand unterscheidet sich diese letzte Phase vulkanischer Kraft von den beiden anderen. Jenen ist die Intermittenz ein Charakteristikum, dieser das dauernde, gleichbleibende das Typische, das erst völlig verlischt, wenn es sich ausgelebt hat. Nur eine kleine steigende oder abnehmende Tätigkeit ist zu beobachten, nie ein Verlöschen und Wiedererwachen.

Die heißen Quellen Böhmens reiehen bis ins Tertiär zurück. Der Karlsbader Sprudel trat im Ende des Tertiär wesentlich höher zutage als heute. Die Sprudelschale, welche als die älteste bekannt ist, lagert 17 m über dem heutigen Austrittspunkt des Quellwassers.

Die älteste Schalenbildung liegt in dem weiten, flachen tertiären Talboden, den das damalige Wasser sich geschaffen hatte und dessen Reste in deutlicher Klarheit heute noch erkennbar sind.. Sie zeigen den alten Hochschotter und lassen so das Alter dieser Bildung an die Wende des Tertiär zum Diluvium festlegen. Erst in der Folgezeit begann das Wasser seine Tiefenerosion neu aufzunehmen. Der Sprudel ging in diesem Kampfe zwischen den erosiven Kräften des rinnenden Wassers und den eigenen aufbauenden nicht unter, mußte aber seine Austrittsstelle tiefer legen. In dem Augenblicke des erosiven Stillstandes beginnt er neuerdings zu gestalten und legt ein zweites Merkzeichen. Es liegt an 12—13 m tiefer als das erste. Dieses Tieferlegen und dann wieder das zweite Neuerwachen der Tiefenerosion, welches zu dem heutigen Stadium hinüberleitet, vollzog sich im mittleren Diluvium bezw. mit dessen Ende. Es hängt mit dem Umstand zusammen, daß die Tepl noch im II. Stadium der Flußentwicklung Böhmens im Aicher Gelenk zur Eger[2]) ging und erst in dieser Periode in ihr heutiges Gerinne einbog. Auch hier vollzog sich der Kampf zwischen dem fließenden Tagwasser und dem gestaltenden quellenden juvenilen des Sprudels zum Nachteil des letzteren. Beide Kräfte ringen heute in gleicher Weise. Nur kommt aus praktischen Gründen der Mensch der Quelle zur Seite.

Die heißen Quellen ersticken sich aber auch selbst durch die mitgebrachten festen Bestandteile, die sich am Tage ausscheiden und durch die sie die Ausflußröhre immer höher aufbauen. Dadurch wird ein Überdruck des Wassers erzielt, den die Kraft von unten zuletzt nicht mehr zu überwältigen vermag. Aber der gleiche Vorgang wird durch den Umstand

[1]) Ann. d. Mines 1876. IX. S. 145.

[2]) Schneider, K. Zur Orographie und Morphologie Böhmens. Prag 1906. S. 66f.

herbeigeführt, daß durch das nachbarliche Gerinne der Grundwasserspiegel in Mitleidenschaft gezogen wird und tiefer zu liegen kommt. Wirken beide Umstände — starke Ausscheidung fester Bestandteile, Tieferlage des Grundwasserspiegels — zusammen, so ist naturgemäß dem Quellengebiet in seinem Dasein eine baldige Schranke gezogen.

Dies ist die Ursache, daß in dem Geysirgebiet Islands der King heute seine Tätigkeit völlig eingestellt hat und zu einem Laugar herabgesunken ist, der große Geysir erst in großen mehrere Tage währenden Perioden zum Springen gebracht wird, während die Thvera hola noch in ungeschmälerter Kraft arbeitet.

Wie auf der einen Seite die Quellen sich selbst ertöten, so werden auf der anderen Seite die Grundwasser dafür verantwortlich zu machen sein, wie der Fall der Entwicklung der Fumarolen und Schlammvulkane am Nâmufjall im Myvatner Staffelland erkennen läßt[1]).

Heutigentages liegen die Beobachtungen noch zu weit auseinander, als daß es möglich wäre, ein annähernd richtiges Bild über dieses Phänomen in Vollständigkeit zu entwerfen. Der letzte Akt des vulkanischen Zyklus harrt noch der genauen Untersuchung[2]).

Die vulkanischen Bildungen Mitteleuropas seit dem Tertiär

Die Geschichte des Vulkanismus der Erde ist in ihren feinen und feinsten Zügen noch nicht aufgedeckt. Die Beobachtungen reichen gerade so weit, um zu zeigen, daß sich in den vulkanischen Erscheinungen nicht ein ständiges Abnehmen von der ältesten Zeit bis zur Gegenwart bemerkbar macht, sondern daß sich zwei große Epochen, zwei Blütezeiten, erkennen lassen, wenn man von den archaischen Zeiten völlig absieht, deren Zustand eben überhaupt ganz anders war als der des Planeten vom Paläozoikum angefangen.

Wie in der Gegenwart, so hatte auch in früheren Erdepochen der

[1]) Schneider, K. Beiträge zur physik. Geographie Islands. P. M. 1907.

[2]) E. Sueß gibt in den Sitzb. d. Ak. d. W. Wien. Math.-nat. Abt. 1895 S. 54 gleichfalls eine Entwicklung des Vulkanismus, welche aber weiter zurückgreift als die von mir gegebenen Ausführungen. Er unterscheidet folgende Phasen: 1. Aufschmelzung großer Flächen; 2a. Aufschmelzung ohne Erreichung der Erdoberfläche (Batholithe); 2b. Aufschmelzung von Herden kleineren Durchmessers. Ruhiges Wallen der Laven; 3. Spaltenbildung, engere Essen, rhapsodische Explosionen, endlich Fumarolentätigkeit. Diese Phasen stellen zugleich die fortschreitende Verstärkung der tellurischen wie lunaren Lithosphäre dar. Von 2b ab decken sich mutatis mutandis die beiderseitigen Ausführungen.

Vulkanismus nur ganz vereinzelte bevorzugte Gebiete für seine Tätigkeit, während andere ebenso wie heutigentages völlig frei ausgingen. Auch schon früher zeigten sich Perioden besonderen Anhebens und Gestaltens, welche von solchen abgelöst wurden, in denen nur ganz vereinzelt die Bildungen dieser Naturerscheinungen zu erkennen sind.

Im unteren Silur treten weite Deckenergüsse auf, rheumatitische Bildungen, neben denen klasmatische Massen gefördert werden. Sie bilden mächtige Lager inmitten sedimentärer Absätze und offenbaren durch ihr geologisches Auftreten, daß sie vielfach aus submarinen Ausbrüchen hervorgegangen sind. Der völlig ungesaigerte Zustand der Klasmatika ist gleichfalls dafür Beleg.

Solche Ausbrüche waren nicht selten. Ihre Reste sind in Böhmen, dem Vogtlande, in England ebenso zu beobachten wie in Australien, wo das Kambrium bereits die rheumatitischen Förderungen hatte, während das Untersilur durch Tuffe im nördlichen Südwales vertreten ist[1]).

Ein Anwachsen und Kräftigerwerden der Erscheinung läßt sich mit voller Sicherheit für das Devon nicht behaupten, obwohl auch in dieser Erdperiode juvenile Massen auf die Erdoberfläche gelangen. Umso weitgehender und großartiger wird die Erscheinung mit dem Ende des Karbon und Beginn des Perm und tönt erst im Mesozoikum aus. Insbesondere kann die Jurazeit als eine Periode der völligen Ruhe vulkanischer Tätigkeit bezeichnet werden.

Das Karbon ist die Zeit der Gebirgsbildung großen Stiles auf der Erde. Die vulkanischen Ausbrüche erfolgen jedoch nicht gleichzeitig mit den Gebirgen, sondern folgen den gebirgsbildenden Faktoren. Auf europäischem Boden quellen zwischen den Gebirgsfalten granitische Massen hindurch, ohne auf die Streichungsrichtung einen nennenswerten Einfluß auszuüben. Erzgebirge, Riesengebirge, Harz, England und Schottland[2]) seien genannt.

In dem letztgenannten Gebiete kommt das Phänomen besonders im Unterkarbon zur Entwicklung. In zwei Typen treten dabei die geschaffenen Bildungen auf. Der erste Typus sind Lavaplateaus mit mächtigen rheumatitischen Deckenergüssen, welche das Clydeplateau von Shirling bis zur Westküste und den vorliegenden Inseln bilden süd-

---

[1]) Basedow. Beiträge zur Kenntnis der Geologie Australiens. Z. d. geol. G. Jg. 1909. 61. Bd. S. 306ff.

[2]) Für Großbritanien liegt in dem trefflichen Werke von A. Geikie: The ancient volcanoes of great Britain, London 1897, das einzige Spezialwerk für das zu untersuchende Problem überhaupt vor. I. C. Chamberlin u. R. D. Salisbury haben in Bd. II—III ihrer Geology, New York 1906, für Amerika gute Materialien geliefert und Basedow in der oben zitierten Abhandlung für Australien. Das sonstige Beobachtungsmaterial ist vielfach zerstreut und lückenhaft.

lich bis Galston und Stratharen reichen. Das Garleton-Plateau bei North Berwick, das Midlothian-Plateau, Berwickshire und Solway sind weitere derartige Gebilde. Zwischen den rheumatitischen Decken liegen dünne Tufflagen.

Der 2. Typus der in dieser Zeit geschaffenen Formen ist der der Tholoiden.

Sie sind meist jünger als die Plateaus (Pedioniten) und lassen auf Grund der Masse des ausgeworfenen Materials ein Nachlassen der Eruptionstätigkeit erkennen. Der Firth of Forth und das Gebiet von Ayrshire und Liddesdale ist mit diesen Bildungen bedeckt.

Mit dem unteren Perm tritt in Großbritannien ein neues Formenelement hinzu. Es sind die Epigonen des Phänomens. Sie finden sich um Ayrshire und breiten sich über Ostfife aus. Auf einem Terrain von ungefähr 180 km² werden 60 Schlote gezählt, die kreisrund gerade zur Tiefe setzen, aus lockerem Materiale zusammengesetzt sind und die letzten Kraftäußerungen darstellen. Es sind Diatremen, Maare. Die vulkanische Kraft hatte kein Material zur Förderung und zum Baue oberirdischer Werke.

Mit dem Anheben des Mesozoikums ist auch nicht einmal eine Spur einer vulkanischen Tätigkeit in diesen Gebieten zu erkennen.

Das gleiche Schauspiel zeigt sich in Böhmen. Nach dem Verklingen der rheumatitischen und klasmatischen Diabasergüsse im Silur treten im Karbon-Perm die vulkanischen Gebilde besonders auf. Im Inneren der böhmischen Masse wird das böhmische Bergland[1]) geschaffen, ein Großteil der Granite des Böhmerwaldes und seines Vorlandes entstehen, Westsudeten und Erzgebirge werden gleichfalls von ihnen betroffen. Dabei scheinen die mittel- und südböhmischen Gebilde älter zu sein als die der variscischen Reste.

Immer aber sind diese letzteren jünger als die Granulite an der Eger. Die Kenntnis von ihrer eruptiven Natur hat Leibling zusammengefaßt[2]).

Alle diese Bildungen haben damals die Oberfläche der Erde nicht erreicht, sondern blieben als Batholite in ihr stecken. Est mit dem Perm treten juvenile Massen auf die Oberfläche selbst. Sie setzen als Porphyr- und Melaphyrergüsse das Pürglitzer Gebirge am Nordwestrande des böhmisshen Schiefergebirges zusammen, bilden die weiten Ergüsse am SW.-Fuß der Sudeten und bauen das kuppige Heidelgebirge auf. Sind es dort rheumatitische Decken-

[1]) Schneider, K. Zur Orographie und Morphologie Böhmens. Prag 1908.

[2]) Die Granulite an der Eger. Weida i. Th. 1908.

ergüsse, zu denen sich Klasmatika hinzugesellen, so sind es hier vorwiegend erstere Förderungsprodukte, welche die zahlreichen Tholoiden aufbauen. Aber auch zu ihnen treten klasmatische Produkte als letzte Bildungen an die Seite.

Ein letztes Gebiet porphyrischer Bildungen findet sich im östlichen Erzgebirge. Es tangiert die älteren Gneiße keineswegs, sondern setzt quer hindurch bis zur Elbe, wo bei Kl. Tschernosek sein Ausgehendes durch Steinbrüche besonders gut freigelegt wurde.

Als mächtige Deckenergüsse finden sich Porphyre permischen Alters im Thüringerwald, im Saaletale und bei Magdeburg. Im Harze bilden sie bei Ilefeld mächtige Platten, während sie südlich vom Hunsrück stock- und gangförmig auftreten, daneben allerdings Lager von 70 m Mächtigkeit bildend. Allen diesen folgten klasmatische Ausbrüche, die das Material für die mächtigen Porphyrtufflager abgeben, die im Rotliegenden einen so wichtigen Faktor spielen.

Bislang ist es nicht gelungen Epigonen vulkanischer Kraft aus dem Karbon-Perm in Mitteleuropa festzulegen. Aber mit dem Mesozoikum ist die Erscheinung in der Entwicklungsgeschichte dieses Erdenstückes völlig verschwunden und erst mit dem Tertiär hebt sie wieder an.

Um weniges länger dauert die Kraft in den Alpen. Gehört hier die Bozener Tafel dem Perm an, so treten noch in der alpinen Trias eine Reihe von eruptiven Bildungen in Form von intrusiven Lagergängen oder als Decken, von Tuffen begleitet, auf. Aber auch hier ruhen die Kräfte während des Jura und der Kreide.

Dieses Abtönen und Ausklingen zeigt sich auch in anderen Gebieten der Erde. Auf die reiche Entfaltung am Ende des Paläozoikums folgt in Australien in Queensland ein schwacher Tuffausbruch, der der Trias angehört. Aus dem Jura ist nichts bekannt. Die Verhältnisse Amerikas erinnern an England und Australien.

Im ganzen Mesozoikum ist ein völliges Abschwächen bezw. Erlöschen festzulegen. Von keinerlei mächtigen Deckenergüssen wird von dort berichtet, wohl aber von Tuffen und insbesondere von jenen seltsamen Gebilden im Süden Afrikas, die als Diatremen bekannt sind.

17 schlotförmig zur Teufe absetzende Kanäle, deren Durchmesser zwischen 20—450 m schwankt, liegen im Süden Afrikas innerhalb eines schmalen Streifens auf eine Länge von 200 km verteilt[1]). Sie finden sich vom Hart river in Griqualand bis Fauresmith im

[1]) Die reichhaltige Literatur über die südafrikanischen Diatremen finden sich hauptsächlich im N. Jb. f. Min. Jg. 1872. S. 857f. — 1874, S. 504 — 1879, S. 864 — 1887, S. 195 — Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1907, S. 275. — Für die Genesis vgl. Daubrées Untersuchungen Compte-rendu, Jg. 1890 und Bull. soc. géol. France 1891, S. 944 u. a. O.

Orange-Freistaat über Kimberley hinaus. Die Füllmasse dieser Röhren ist eine Brekzie, welche aus den Brocken der durchstoßenen Schichten und vulkanischen Tuffen zusammengesetzt ist und durch die Diamantenführung als besonders beachtenswert gilt.

Diese Diatremen, deren Bildungszeit in das mittlere Mesozoikum fällt, sind das Gegenstück zu den englischen Schloten aus der Permzeit. Sie sind Epigonen der vulkanischen Tätigkeit der Erde seit dem Paläozoikum.

Für das Wesen und die Entwicklung des Vulkanismus ist dieses Ergebnis äußerst wichtig. Leider stehen noch viele Untersuchungen völlig aus, um ein solches Urteil abgeben zu können, wie es für den jüngeren Vulkanismus der Erde seit dem Tertiär zu fällen ist. Durch das ganze Paläozoikum lassen sich die vulkanischen Kraftäußerungen erkennen. Rheumatitika und Klasmatika treten im Wechselspiel auf, ohne daß sich heutigentages eine Schätzung durchführen ließe, welche von den beiden Förderungsarten die herrschende ist.

Auffallend treten in vielen Fällen mit dem Ende des Paläozoikum zu den herrschenden Pedioniten die Tholoiden. Reichhaltig werden mit dem Schlusse die Klasmatika. Sie ähneln mit den epigonenhaften Durchschlägen den Maaren. Diese Tätigkeitsphase vulkanischer Kraft reicht noch in einzelnen Gebieten bis in das Mesozoikum, wo auch hier epigonenhafte Gebilde zur Gestaltung kommen. Soweit das vorhandene Material hinreicht, um ein Gesamturteil abgeben zu können, ergibt sich somit folgendes Bild: der paläozoische Vulkanismus zeigt ebenso wie der neozoische seit dem Tertiär ein allmähliches Abflauen und schließliches Austönen in einfachen klasmatisch-pneumatischen Bildungen. Zweimal zeigt die Erdgeschichte das Phänomen, zweimal durchläuft es das gleiche Entwicklungsstadium, zweimal zeigt es typische Endformen im Baue und der Förderungsart. Für die Theorie des Vulkauismus kann eine derartige Tatsache nicht gleichgültig sein.

Die Jurazeit ist die des völligen Verlöschens des Vulkanismus. Mit der Kreidezeit hebt er von neuem an.

In den indischen Gewässern beginnt er sich zuerst zu regen, wie aus den Darstellungen Verbeeks u. a. hervorgeht. Aus der oberen Kreide Australiens wurden die ersten Tuffe und Trachyte vermeldet. Es sind die ersten Anfänge, welche mählich zahlreicher werden und wie im Karbon-Perm nunmehr im mittleren Tertiär den Glanzpunkt und Höhepunkt erreichen.

Darin offenbart und charakterisiert sich das Wesen des Vulkanismus ganz besonders, daß er nach langer Ruhezeit wieder in die Erscheinung tritt und dazu gerade wieder in einer Epoche der Erdgeschichte, welche

ebenso wie die paläozoische durch große gebirgsbildende Katastrophen und Umbildungen gekennzeichnet ist. Aber wie damals nicht beide Vorgänge gleichzeitig auftraten sondern einander gleichsam ablösten, so treten auch nunmehr die eruptiven Vorgänge erst nachträglich ein.

Ursache und Folge liegen bei dieser Betrachtungsweise nahe, ohne derartig gefaßt werden zu müssen, daß beide Vorgänge unbedingt miteinander in vollkommener Abhängigkeit stehen. Wie im Tertiär und in der Gegenwart beide Erscheinungen einander topographisch nahe rücken, so auch im Karbon-Perm.

Wie für die Gegenwart, so läßt sich trotz aller Veränderungen, welche das Erdantlitz seitdem betroffen haben, für Mitteleuropa erkennen, daß die vulkanischen Bildungen nicht am Rande der alten Gebirge auftreten, sondern mitten in ihnen, ohne zunächst auf den Schichtenbau einen bestimmenden Einfluß zu nehmen, wohl aber in der Folge tangierend.

Die paläozoischen Vulkane Europas zeigen sich am großartigsten in der Zwischenzone zwischen den älteren caledonischen Gebirgen, den variscischen Zügen und dem böhmischen Massiv. In der gleichen zerrütteten Erdzone erwacht der tertiäre Vulkanismus zu neuem Leben. Wie im Paläozoikum, so treten auch nunmehr im Norden die rheumatitischen Massen mit spärlichen klasmatischen Zwischenlagen auf. An 350 m erreicht die Masse von Antrim, bis mehr als 600 m das Plateau der Insel Skye.

Der Schwerpunkt der vulkanischen Bildungen Europas liegt im Tertiär jedoch inmitten des jetzigen deutschen Berglandes. E. Sueß hat schon vor langer Zeit die tektonischen Grundlinien Mitteleuropas aufgedeckt und gezeigt, daß diese Buntheit und scheinbare Gesetzlosigkeit der Gebirge zwischen Rhein und Oder großen Gestaltungsgesetzen folgt[1]). Er zeigte, daß die Gebirgsfalten der Vogesen, des Schwarzwaldes, Odenwaldes und Spessart, Hunsrück, Taunus und Rheinischen Schiefergebirges ebenso in NE. Richtung streichen wie die des Harzes, Thüringer- und Frankenwaldes, Fichtel- und Erzgebirges. Sie strandeten im östlichen Teil an dem böhmischen Massiv und zwangen dessen nordwestlichen Ausläufer, den niederen Böhmerwald, zu gleicher Richtungsänderung[2]).

Jenseits des Elbelaufes ändert sich die Streichungsrichtung zunächst in NW. In den hohen Ostsudeten wird sie rein S. und selbst SSW. In diesem östlichen Verlauf, der heute zu den gedrungensten und massigsten Gebirgen Mitteleuropas zu zählen ist, ist das alte

[1]) Das Antlitz der Erde. II. Bd. 1888.

[2]) Schneider, K. Zur Orographie und Morphologie Böhmens. Prag 1908.

Gebirge, dem Sueß den Namen variscisches gegeben hat, gleichsam zwischen dem böhmischen Massiv und der russischen Tafel gefangen genommen [1]). An den Innenrand des östlichen Teils dieses Gebirges schmiegte sich das böhmische Schiefer- und Eisengebirge an.

In dieses alte Gebirge drangen batholitisch Intrusivmassen, welche die Umgebung durch die Hitze beeinflußten. Sie wurden später selbst wieder durch tangential ausgelöste Kräfte beeinflußt und zu flaserigen Gneisen umgewandelt [2]). Ihnen folgten die Granulite, Granite und Porphyre, wie ausgeführt worden ist.

Entlang diesem bogenförmigen Verlaufe treten im Tertiär die vulkanischen Bildungen auf. Die Hauptentwicklung erfolgte aber nicht am Innen- sondern am Außenrande. Während also der palaeozoische Vulkanismus gerade den Innenbogen bevorzugt, werden die jüngeren tertiären Massen auf den Außenbogen hinausgedrängt.

Dieses Hinausrücken der vulkanischen Tätigkeit ist nicht nur für Mitteleuropa zu Recht bestehend; denn nicht nur hier, sondern auch in den anderen Gebieten der Erde, sofern sie eine Stauung erfahren haben, zeigt es sich, daß die Innenseite der Stauungsgebirge von vulkanischen Bildungen begleitet ist, daß diese Innenseite nicht selten sogar die einzige Stelle für Ausbrüche ist. Diese Erscheinung kann aber nicht als Regel angesetzt werden. Denn ebenso oft ist der aktive Vulkanismus ganz auf die Außenzone beschränkt.

Diese Erscheinung tritt am deutlichsten und schärfsten gerade auf der pazifischen Erdhälfte auf.

Sie zeigt sich in dem indophilinen Bogen ebenso wie in dem japanischen oder dem mexantillandinen Stück. In den weitaus meisten Fällen sind die jungen und jüngsten vulkanischen Baue auf der Erde gerade am weitesten von dem Festlandssockel hinausgedrängt. Auch in dem zerhorsteten atlantischen Stücke der Erde zeigt sich dieses Gesetz. Hier drängt der Vulkanismus ebenfalls zur Peripherie und deutet so indirekt darauf hin, daß der Unterbau der festlandsnahen Inseln dem europäisch-nordafrikanischen Grundgefüge folgt.

Die Vulkane Mitteleuropas lassen sich in zwei große zonare Bogenstücke einordnen. Das größere folgt dem Außenrande, das weitaus kleinere dem Innenrande des alten variscischen Gebirges. Es wiederholt gleichsam den Porphyrbogen des mittleren Rotliegenden, der im zentralfranzösischen Plateau beginnt und über das Nahegebiet, Leipzig, Thüringen bis zum Heidelgebirge hinzieht und ein inneres Gegenstück in dem Pürglitzer- und Heidelgebirge besitzt.

[1]) Ebenda. S. 4.

[2]) Gäbert. Z. d. d. geol. G. Jg. 1907. S. 359ff.

Zu dem äußeren tertiären Bogen gehören die Massen des Plomb du Cantal, Mt. Dôre und Puy de Dôme, der Eifel-Laach, die Ausbrüche des Siebengebirges, Westerwaldes, der Vogelsberg, der bei seinem großen Verbreitungsgebiet den Buntsandstein doch nur kaum um 450 m überragt, endlich die Rhön mit dem Gebiet um Kassel. Nur vereinzelt treten dazu die Durchbrüche in dem östlichen Bogenstücke. Als letzte versprengte Vulkane gehören hierher die Freudentaler Feuerberge: der Köhler-, Venus-, Rauden- (große und kleine) und Rothenberg, der Hirtengarten und die Horka.

Die wesentlich kleinere innere Vulkanzone besteht aus zwei Stücken: einem östlichen und einem westlichen. Beide liegen dort, wo die Streichungsrichtung des Grundgefüges eine Änderung erfährt. Die östliche Gruppe ist vertreten durch das Leitmeritzer Gebirge und seine Trabanten innerhalb des böhmischen Flachlandes, den Duppauer Vulkan, der kein Gegenstück mehr aufweist, den Kammerbühl und Rehberg. Die westliche Gruppe löst sich auf in den Kaiserstuhl, Hegau, das Uracher Maargebiet, endlich das Ries.

Liegt die äußere Zone mit Ausnahme der französischen Bildungen ganz im Schiefermantel des variscischen Gebirges, so ist die innere völlig in das zerhorstete Grundgebirge eingebaut. In beiden Fällen liegen allerdings zwischen dem karbonischen Gefüge und den juvenilen Massen Zwischenlager der mesozoischen und sedimentären tertiären Epoche.

Sind die weitaus meisten Feuerberge wohl zu gleicher Zeit tätig gewesen, so sind sie nicht zur gleichen Zeit entstanden. Allerdings sind die Untersuchungen noch nicht soweit fortgeschritten, um die genauesten Zeitintervalle anzugeben. Wohl gelingt es für die innere Zone die Altersfolge der aufeinanderfolgenden Vulkane festzulegen, aber für die äußere Zone ist das Endergebnis für die älteren Formen nicht ganz sicher.

Noch in einem ist ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Stücken. Die innere Zone ist mit dem Diluvium in ein völliges Verlöschen übergegangen und nur in dem kleinen Kammerbühl und Rehberg zucken die früheren Erscheinungen nach[1]). In der äußeren Zone brechen im Diluvium an drei Stellen die klasmatischen Produkte nochmals mächtig hervor.

Beide Zonen sollen eine kurze Skizzierung erfahren.

Die äußere Zone.

In der äußeren Zone treten als die östlichsten zugleich versprengtesten des ganzen Systems die Freudentaler Vulkane entgegen.

[1]) Schneider, K. Zur Orographie S. 221.

Ihre Zahl ist nur gering. Der höchste ist der 674 m hohe Köhlerberg, der etwa 140 m das Umland überragt und in seinem oberen Baue zur Gänze aus klasmatischem Material zusammengesetzt ist. Von ihm geht ein etwa 2 km langer rheumatitischer Erguß gen Osten. Um ein geringes niedriger ist der wenig entfernt gelegene Venus- oder Messendorfer Berg mit 656 m, der in seinem Aufbau dem ersteren gleicht, nur daß der rheumatitische Erguß kleiner ist. Der höchste und am besten erhaltene ist der 780 m hohe große Raudenberg, der analogen Bau zeigt und dem 775 m hohen kleinen Raudenberg darin gleichsteht. Der Rothe Berg (726 m), der Hirtengarten und die Horka oder Kapellenberg sind die anderen Vertreter dieser diluvialen Vulkangruppe. Die liegen alle insgesamt gegen Süden in der weiteren Umgebung von Freudental und können daher kurz als die Freudentaler Vulkane bezeichnet werden. Alle haben den gleichen vulkanischen Aufbau, die rheumatitischen Ergüsse und die klasmatischen Produkte, so daß sie leicht als rheuklastische Vulkane zu erkennen sind, wenn auch bei einzelnen die klasmatische Förderungsart dominierend scheint. Der dichte Pflanzenwuchs hindert die Untersuchung, doch ist an den meisten durch Steinbruchbetrieb ein guter Aufschluß geboten.

Ihr diluviales Alter hat Jahn auf Grund geologischer Befunde festgelegt, indem er zeigte, daß diese Feuerberge mit ihren Laven und Lapilli auf diluvialem Schotter liegen, der dem ähnlich sieht, der für jünger als glazialer Sand anzusehen ist[1]). Würde schon dieser Befund genügend sein, so zeigt das Aussehen der zahlreichen klasmatischen Produkte nur zu deutlich, daß man es hier mit ganz jungen Bildungen zu tun hat. Die Klasmatika, welche z. B. am Raudenberge aufgeschlossen sind, unterscheiden sich in nichts von denen, welche den diluvialen kleinen Puy de Dôme zusammensetzen oder einzelne Kraterchen in dem postglazialen Myvatner Staffelland aufbauen. Diese Feuerberge sind z. T. rheuklastischer Natur, z. T. aber rein klasmatisch. Für erstere ist der Rote Berg ein Vertreter, für letztere der große Raudenberg. Doch geht auch von ihm ein allerdings verschwindend kleiner rheumatitischer Erguß aus.

---

[1]) Jahn, J. Über das quartäre Alter der Basalteruptionen im mährisch-schlesischen Gesenke. Sitzbr. der Ak. Wien Abt. I. Jg. 1907 S. 1777 ff. — E. Tietze hält in den Erläuterungen zur geol. Karte v. Österr.-Ung. No 41, Freudental. Wien 1898, diese Bildung für oligocän (S. 85). Er stützt diese Anschauung nur auf Analogie mit den anderen Vulkanen Mitteleuropas. Ich bin der Meinung, daß dies nicht zu Recht besteht und Jahns Untersuchungen den Tatsachen vielmehr gerecht werden. In ihnen aber die jüngsten Feuerberge Mitteleuropas zu sehen, ist nicht richtig. Unwillkürlich traten mir beim Besuch des Raudenberges die Verhältnisse vor Augen, wie ich sie in Frankreich und Island zu beobachten Gelegenheit hatte. Nur die dichte Vegetation wirkt für die Beurteilung der Altersfrage störend.

Die etwas abseitige Lage, dazu der Umstand, daß die Vegetation sich auf den Gebilden angesiedelt hat, ihre geschlossene Gestalt, die eigentlich nur wenig die Umgebung überragt, hat dazu beigetragen, ihnen bislang wenig Beachtung zu schenken.

Wie die weitaus meisten der tertiären Vulkane Mitteleuropas, so sind es auch hier Basalte, welche sich am Aufbau beteiligen.

Wie die Freudentaler Vulkane über devonischen Schiefern aufgebaut sind, in die die äußeren Agenzien ihre Furchen gezogen hatten, welche durch die vulkanischen Kräfte verwirkt wurden, so ist auch das zweite diluviale Gebiet das der Eifel- und der Laacher Vulkane in analoger Weise zur Entwicklung gekommen.

Hier treten aber zum Unterschied von den Freudentaler Vulkanen Homaten und Maare als typische Bildungen auf. In diesem Vulkanterritorium macht sich eine Verschiebung der Ausbruchszentra von West nach Ost bemerkbar und zwar so, daß die ersteren relativ älter sind als die letzteren.

Die Eifelvulkane ziehen sich in einem breiten Gürtel von etwa 50 km Länge von NW.-SE. Sie beginnen mit dem Goldstein bei Stadtkyll an der Schneifel und enden bei Bertrich im Ueßbachtale mit der Falkenley. Der versprengteste ist der Mosenberg mit vier deutlichen Krateren[1]) und dem Meerfelder Maar bei Manderscheidt an der Lieser.

Schon die Tatsache, daß die meisten Vulkane der Eifel ihre ursprüngliche Gestalt durch die äußeren Agenzien verloren haben, deutet darauf, daß sie älter sind als die weiter östlich gelegenen des Laacher Gebietes, zu denen die Bildungen um Kelberg die Verbindung vermitteln. Aber schon in dem Eifeler Gebiet treten die „Maare“ auf, welche meist von Wasser erfüllt sind, vielfach auch trocken liegen. Klasmatische Produkte vielfach vermischt mit dem durchstoßenen Grundgebirge umlagert den kreisförmigen Rand. „Kein Lavastrom entfließt einem Maar.“ (Lepsius.) Das zerspratzte Material dieser Vulkane liegt unter dem jüngsten Löß.

Es ist älter als das der 30 Homaten und Maare um den Laacher See, der selbst ein Vertreter dieser Vulkanform ist, und verteilen sich auf rund 225 km². Die bekanntesten unter ihnen sind der Bausenberg, Hochsimmer, Veitskopf, Kamillenberg, Forstberg u. a. Bei ihnen wiegen die Klasmatika vor, und die explosiven Vorgänge haben eine große Rolle gespielt. Von ihnen liegen einzelne wie der Rodaberg gegenüber dem Drachenfels über diluvialem Rheinschotter. Das gleiche gilt von dem Bertenauer Kopf bei Neustadt am Wied-

---

[1]) Lepsius, R. Geologie von Deutschland. Stuttgart 1887—92. S. 328.

bache. Bei seiner Bildung flogen die Bimsteinmassen weit umher und wurden bis gegen das heutige Marburg und Gießen vertragen. Sie liegen auf dem jüngsten Löß[1]), wodurch sich ihr jugendliches Alter gegenüber dem Eifeler Gebiet festlegen läßt.

Das jüngste Gebilde aber dürfte der Laacher See selbst sein. Ihm entstammen die meisten der trachytischen Auswurfsmassen, die ostwärts über den Rhein zu liegen kommen und viele Gebiete des Westerwaldes bedecken. Sie ruhen auf altem Waldboden und bedecken Steingeräte und bearbeitete Knochen, wie v. Koenen zeigte[2]).

Diese jugendliche Zeit der Bildung ist von besonderem Werte für die Analyse des Wesens des Vulkanismus.

Diese Tatsache ist für die früher gemachten Ausführungen von weitgehender Bedeutung. Sie sind ein Beleg dafür, daß auch bei den jüngsten Vulkanen Mitteleuropas die Förderung klasmatischer Massen herrschend ist und explosive Vorgänge die Hauptrolle am Schlusse des vulkanischen Zyklus spielen.

Für die Kraft dieser explosiven Vorgänge spricht der Umstand, daß der den Untergrund aufbauende Schiefer völlig zersplittert ist, und daß die geförderten Massen eine so weite Verbreitung rings um die Ausbruchstellen besitzen. Die schaumige Struktur des Bimssteins, die blasige Natur der Schlacken, die Form der Berge, welche dem Typus der echten Homaten zugehören, die Durchschlagsröhren, sind ein deutlicher Beleg für die oben gemachten Ausführungen, daß Homaten und Maare die jüngsten Formen vulkanischer Kraft beziehungsweise die Epigonen sind und daß klasmatische Produkte als reine Förderung den Schluß vulkanischer Entwicklung kennzeichnen.

Das letzte Gebiet der diluvialen Feuerberge ist das wohl noch bis in historische Zeit tätige Gebiet der Puy de Dôme bei Clermont-Ferrand in Zentral-Frankreich.

Seitdem Poulett-Scrope[3]) seine Monographie über die Vulkane Frankreichs erscheinen ließ, haben diese Feuerberge immer wieder das Interesse wach zu halten verstanden und zahlreich genug sind die Untersuchungen, welche sich mit ihnen beschäftigen. Die neuesten Daten hat Glangeaud gebracht[4]).

Die Gebilde gruppieren sich in drei einzelnen Territorien mitten

---

[1]) Brauns, R. Junge und alte Vulkane in Deutschland. Aus der Natur. Jg. 1907 Heft 19.

[2]) Sitzungsber. d. niederrhein. geol. Gesell. Bonn 1896 S. 65.

[3]) P.-Scrope. The geology and extinct volcanoes of Central France. 2. Aufl. London 1858.

[4]) Glangeaud, Th. Les regions volcaniques du Puy-de-Dôme. Paris 1909.

auf dem zentralfranzösischen Plateau. Sie beginnen im Süden mit dem Plomb du Cantal, der ein zusammenhängender Vulkan ist, dessen Beginn in das frühe Tertiär fällt. Jünger ist das Massiv des Mont-Dôre, das im Pic de Sancy 1886 m erreicht. Seine ersten Anfänge setzten im oberen Miocän ein und endeten zur Hauptsache im Pliozän und tönten im Pleistozän aus. Aber noch heute zeigen die Quellen des Kurortes Monte Dôre, daß die letzte Phase noch nicht ausgeklungen ist.

Im oberen Pliozän begannen die trachytischen Quellungen, welche die typischen Tholoiden westlich von Clermont-Ferrand aufführten, die zur Gänze aus rheumatitischen Massen aufgebaut sind und deren Vertreter der charakteristische Puy de Dôme nnd Sarcouy sind.

Erst mit dem Pleistozän begannen die explosiven Ausbrüche, welche die zahlreichen klasmatischen Produkte auswarfen, die zu Homaten gefügt wurden und die auch teilweise von äußerst zackigen und porösen basaltischen Rheumatitiken begleitet wurden. Nur einmal traten frühere Eruptionsformen nochmals zur Erscheinung. Es ist dies der Puy de Chopine, der eine typische in seinen oberen Teilen allerdings zerstörte Belonite ist, zugleich der einzige bislang nachgewiesene Vertreter dieser Vulkanform in Europa (Fig. 5).

Er erhebt sich inmitten einer nach Norden zu zerstörten vorwiegend aus klasmatischen Materialien aufgeführten Homate.

Wandern somit im äußeren Bogen die Ausbruchszentren in dem östlichen Teile von E. nach W., so erfolgt dies im westlichen Abschnitt von S. nach N. Ihre jüngsten Gebilde finden sich endlich gerade zwischen ihnen im Laacher Vulkangebiet, von dessen Tätigkeit der Mensch bereits Zeuge war. Die jüngsten diluvialen Gebilde zeigen im französischen Teile die gleichen Formen wie im deutschen. Nur dadurch wird der Westen interessanter und lehrreicher, als sich hier auf kleinem Umkreis die Entwicklung des Vulkanismus, der ganze Zyklus, abspielt.

Allen diesen zahlreichen Bildungen des äußeren Bogens lassen sich in der inneren Zone nur die zwei kleinen Ausbrüche des Kammerbühl und Rehberges entgegenhalten, deren diluviales Alter ohne Zweifel steht. Der II. Stufe der Flußentwicklung Böhmens folgend sind sie doch wohl älter als die Eifeler, sicher aber älter als die Laacher Vulkane.

Wie ein Gegensatz in Größe, Zahl und Form der Ausbrüche zwischen den beiden Zonen im Diluvium bestand, so war er auch im Tertiär.

Wie schon aus dem Auftreten hervorgeht, liegen diese äußeren tertiären Vulkanmassen mehr gegen den kristallinen Kern. Sie häufen

sich zu selbständigen Bauen in der Rhön und dem nahe gelegenen Vogelsberg an. Bei beiden sind es basaltische Massen, welche sich an dem Aufbaue vorwiegend beteiligen.

Die hohe Rhön, in der Wasserkuppe 950 m ü. d. M., bildet gewissermaßen den Kern des östlichen großen äußeren Vulkanbogens und hat darin eine entfernte Ähnlichkeit mit dem Leitmeritzer Gebirge. Hier wie dort fällt das kuppige Gelände in scharfen Gegensatz zu dem flachen Umland. Hier wie dort treten zwischen den Kuppen flache Plateaus auf, welche unvermittelt zu den zertalenden Wässern abfallen. Hier ist es die Elbe mit ihren linken Tributären, dort die Fulda und ihre Trabanten. Tritt aber dort dank der Natur des Bodens vielfach Wüstung und Moor auf, zeigen die Ortschaften wenig Aufschwung und Verkehr, ja, werden dort die Bewohner gezwungen, zum leichteren Erwerb das Umland aufzusuchen, so ist von all dem im Leitmeritzer Gebirge nichts zu finden.

Die höchsten Erhebungen der hohen Rhön sind die schon genannte Wasserkuppe und der Kreuzberg (950 bezw. 930 m). Um sie und den zentralen Stock liegen eine Reihe von Vulkan-Kuppen und -Kegeln. Sie setzen im Süden fast bis zur Mündung der fränkischen Saale. Im Südosten sind die Gleichberge bei Römhild und die phonolithische Heldburg bei Koburg die versprengtesten Gupfs. Im Osten rücken sie mit dem Feldstein bei Themar und den beiden Dollmar bei Meiningen bis knapp an den Thüringerwald und laufen im Norden gleich den Kuppen im böhmischen Flachland weitschwärmend aus. Die Stoffelskuppe bei Marksuhl ist der letzte Vorposten. Die anderen gehören schon zu den Basalten des Knüllgebirges.

Zu den Basalten gesellen sich reichlich Tuffe. Sie liegen nördlich der Wasserkuppe bei Sieblos über mitteloligozänen Sanden und Tonen mit einer reichen Fauna und Flora. Es beginnen danach die Ausbrüche mit dem Ende des Oligozän.

Wichtig ist, daß in der hohen Rhön zahlreiche Phonolithkuppen auftreten, die durch ihren Steilabfall, ihre Tholoidenform, vielfach hervorstechen. Als solche Phonolithdurchbrüche werden genannt die Milseburg, Steinwand, Stellberg, Maulkuppe, Teufelsstein, große und kleine Nallen, Dalherdaer Kuppe u. a. m.[1]). Durch diese Bildungen ist die Verwandtschaft mit dem Leitmeritzer Gebirge eine nahe geworden.

Festzuhalten sind aus der Darstellung der Rhön das Auftreten

[1]) Bücking. Zit. nach R. Reinisch: Entstehung und Bau der deutschen Mittelgebirge. Leipzig 1910. S. 178. Dieser vorwiegend petrographischen Zusammenfassung sind einzelne Daten entnommen.

von Phonolithkuppen, Basaltergüssen und gleichartigen klasmatischen Bildungen, endlich das oberoligozäne Alter.

Mit den rheumatitischen Basaltmassen des Knüllgebirges beginnen die vorwiegend basaltischen Tholoiden, welche sich von hier gegen Kassel fortsetzen, in der 504 m hohen Weidelskuppe bei Ippinghausen den nordwestlichsten Ausläufer haben, sich um Kassel nochmals verdichten gegen Nordwesten bei Volkmarsen und dem nahen Herbsen mit drei Kuppen vordringen, um nach Norden breit auszuschwärmen. Manrode ist die nördlichste Stelle, der Bramberg bei Hettensen, nordwestlich von Göttingen, der abgesprengteste Kegel.

Alle diese Kuppen und Kegel sind wohl selbständige Bildungen gleich denen inmitten des böhmischen Flachlandes. Viele haben mit ihren widerstandsfesten Massen die unterlagernden miozänen Ablagerungen vor dem Untergang geschützt. Dadurch ist es ermöglicht, das Alter genauer festzulegen. Jene Berge, welche eine derartige Unterlage nicht besitzen, dürften aller Wahrscheinlichheit nach der gleichen Zeit angehören.

Diese Bildungszeit entspricht dem Miozän. Sie geht aus den stratigraphischen Verhältnissen hervor, welche v. Koenen[1]) für die weitere Umgebung von Kassel festgelegt hat. Danach ergibt sich mit Reinisch für diese Gebilde folgende Altersabstufung:

Pliozän: Fluviatile Ablagerungen.

Obermiozän: Obere Basalte und Tuffe. Sande, Kiese, Tone, Braunkohlenschmitzen, Polierschiefer.

Untermiozän: Obere Braunkohlenbildung. Untere Basalte und Tuffe. Mittlere Braunkohlenbildung. Sande mit Quarzitlagern.

Oberoligozän: Marine Sande.

Mitteloligozän: Septarienton.

Unteroligozän: Untere Braunkohlenbildung. Sande mit Knollensteinen, Tone, Eisensteine von Hohenkirchen.

Die Dammersfelder Kuppe (930 m) vermittelt von der hohen Rhön zu dem Vogelsberg. Nicht das höchste, wohl aber das ausgedehnteste vulkanische Gebirge Mitteleuropas ist durch ihn repräsentiert. Seine jetzige Erhöhung reicht mit dem nahezu zentralgelegenen Taufstein auf 782 m, d. h. er überragt die sedimentäre Unterlage nur etwa 450 m. Die Fläche aber, welche von den vulkanischen Massen bedeckt wird, beträgt an 2200 km².

[1]) N. Jahrb. f. Min. 1892, II, S. 161.

Der Vogelsbergvulkan bildet eine Einheit. Von einem gemeinsamen Zentrum sind die rheumatitischen und klasmatischen Produkte gefördert worden. Sie müssen zu Anfang recht dünnflüssig gewesen sein und erst später wurden sie spärlicher und zäher. Tatsächlich sind in dem im allgemeinen recht wenig bekannten Gebirge zwei Abstufungen erkannt worden[1]), deren Vertreter als untere und obere Strom- und Deckenbasalte gegeneinander gehalten werden. Erstere sind schwarz und von feinkörnig bis dichter Struktur bei einem SiO_2 Gehalt von 43—44 %. Die letzteren jüngeren Basalte sind grau, anamesitisch bis doleritisch mit 50—53 % SiO_2.

Zwischen den einzelnen rheumatitischen Bildungen sind klasmatische in großer Menge eingeschlossen. An beiden hat die Verwitterung genagt und gearbeitet und insbesonders die Klasmatika verschleppt. Die wenigen herausmodellierten Berge überragen den gemeinsamen Unterbau kaum um 100 m. Die flachen Kuppen, die so entstanden, deuten auf die durch Destruktion abgeschnittenen Rheumatitika.

Die oberen jüngeren Basalte zeigen an einzelnen Stellen (Londorf bei Gießen, Ofleiden bei Homberg) wulst- oder fladenartige Oberfläche, wie sie an den rezenten vulkanischen Bauen festzulegen sind. Neben den deckenförmigen Ausbildungen treten auch Kuppen auf, echte Tholoiden. Sie werden von Gießen, Büdingen, Schlitz berichtet. Ihnen gesellen sich zu der Bilstein bei Lauterbach, der Schloßberg bei Homberg u. a. Auch Phonolithe werden beobachtet.

Auf Grund der den unteren vulkanischen Gebilden eingeschalteten Sedimente läßt sich das miozäne Alter des Vulkanes bestimmen, doch reichten die Ausbrüche zugleich mit denen der Rhön bis in das Oberpliozän. Dem Aufbau nach gehört er zu den rheuklastischen Vulkanen. Ob aber seine ehemalige Höhe bei 4000 m gelegen hat[2]), sei dahingestellt. Jedenfalls wären in diesem Falle die klasmatischen Produkte diejenigen gewesen, welche den obersten Teil zur Gänze zusammengesetzt haben und leicht abgetragen werden konnten.

Weitaus bekannter und besuchter als diese bislang behandelten Vulkane der äußeren Zone sind die Durchbrüche von Basalt, Trachyt und Andesit im rheinischen Schiefergebirge, die als Siebengebirge daher bekannt sind, daß von Bonn aus gerade 7 Kuppen zu beobachten sind und zwar stehen im Vordergrund:

[1]) Die geringe Literatur über den Vogelsberg ist bei R. Reinisch a. a. O. und R. Lepsius a. a. O. zusammengestellt. Als Unterlage der Darstellung dienen die einschlägigen Blätter der geologischen Karte des deutschen Reiches in 27 Blättern von R. Lepsius.

[2]) Lepsius, R. Geologie v. Deutschland. S. 742.

der Petersberg (334 m), Wolkenburg (328 m), Drachenfels (325 m); im Hintergrund:

Nonnenstromberg (336 m),

Gr. Ölberg (464 m), Lohrberg (440 m), Löwenburg (459 m).

Lohrberg, Löwenburg, Wolkenburg und Drachenfels sind trachytischer bezw. andesitischer Natur, die übrigen basaltisch. Die einzelnen Berge, deren eine ganz erkleckliche Zahl sind, sind, soweit aus den Beobachtungen hervorgeht, vorwiegend aus rheumatitischen Ergüssen herausgearbeitete Kuppen oder aber ausgewitterte Gangzüge, wie Großer[1]) für die trachytisch-andesitischen Bildungen nachgewiesen hat.

Die vulkanischen Bildungen haben sehr unter dem Einfluß der zerstörenden Agenzien gelitten. Neben den rheumatitischen Ergüssen treten auch klasmatische Produkte auf. Sie wechsellagern mit untermiozänen Braunkohlenlagern.

In dem nahen Westerwalde treten die Trachyte zurück, an ihre Stelle schieben sich Basalte, welche wiederum in zweifacher Bildungszeit entstanden und als „Sohl"- und „Dachbasalt" gegeneinander gehalten werden. Sie sind vorwiegend als Kuppen erkenntlich. v. Dechen[2]) zählte deren 410. Ihr Alter ist mit dem Obermiozän festzusetzen.

Nach den bisherigen Untersuchungen ergibt sich somit für den äußeren Bogen der Vulkane Mitteleuropas folgende Altersfolge:

Oberoligozän: Rhön, Vogelsberg, Pl. du Cantal } erste Ausbrüche

Untermiozän: Siebengebirge, Limagne, Knüllberge, Kasseler V.

Obermiozän: Westerwald

Unterpliozän: Mt. Dôre

Oberpliozän: Eifel, Auvergne (Puy de Dôme)

Pleistozän: Laacher- und Freudentaler-Vulkane. Puy de Dôme.

Diese Altersfolge gilt nur für das erste Anheben der vulkanischen Tätigkeit überhaupt. Die Kraftentfaltung erfolgte bei den älteren Gebilden in der nächsten Epoche, so daß erst in dieser die eigentliche Tätigkeit einsetzte. Insbesondere gilt dies für die beiden großen Gebilde Rhön und Vogelsberg, welche ihre Haupttätigkeit im Miozän hatten und noch im Pliozän sich äußerten, wie ja auch die Eifelausbrüche in das Pleistozän herüberragen. Auffallend bleibt

[1]) Tschermaks Min.-petr. Mitt. Bd. XIII. S. 39ff.

[2]) Nach Lepsius a. a. O. 310.

das Wandern der Ausbruchstelle von Ost gegen West, im französischen Teil von Süd nach Nord.

Die innere Zone.

Die innere Zone gruppiert sich in zwei Stücke: ein westliches und ein östliches. Ersteres liegt über oder innerhalb des zerhorsteten und niedergebrochenen Grundgebirges um den Schwarzwald, letzteres inmitten des niedergebrochenen Erzgebirges, auf diesem, zwischen ihm und dem böhmischen Massiv.

Diese östliche Gruppe besteht aus dem 1300 km² bedeckenden Leitmeritzer Vulkan mit seinen zahlreichen Trabanten im böhmischen Flachlande, deren Zahl über 170 beträgt und dem 700 km² großen Duppauer Vulkan[1]).

Zwischen diesen beiden Vulkandistrikten bestehen tiefgehende Unterschiede. Während sich am Aufbau des ersteren neben Basalten, Phonolithe und Trachyte beteiligen, sind bei letzterem nur Basalte und deren Tuffe vorhanden. Zeigt ersteres zahlreiche Tholoiden in und um sein Ausdehnungsgebiet, so bildet der rheuklastische Duppauer Vulkan einen zusammenhängenden Bau, der zwar knapp um 100 m höher ist als ersterer, aber einer gewissen Monotonie im Landschaftsbild nicht entbehrt. Er bietet das Gegenstück zu dem Vogelsberg, nur daß er seine Konturen und ursprünglichen Formen besser gewahrt hat als dieser, so daß sich in ihm heute noch der tertiäre Krater mit unverkennbarer Schärfe und Deutlichkeit erkennen läßt.

Das Leitmeritzer Gebirge wurde gerade dort aufgeführt, wo das Erzgebirgssystem dem Sudetensystem weicht, wo dieses von letzterem gleichsam überwältigt wurde und in Trümmern zur Tiefe sank. Der weitaus größte Teil wurde nachträglich verdeckt und nur an wenigen Stellen tritt der Südflügel des Erzgebirges wieder in die Erscheinung. Am meisten ist das der Fall bei den Flecken Tschernosek und Libochowan, wo die Elbe die Gneise und Glimmerschiefer mitten durchsägt hat, weiter bei dem Dorfe Watislaw, Mileschau, Ratsch und Bilin. Reste des zerhorsteten Grundgebirges finden sich auch innerhalb des böhmischen Flachlandes im Maschwitzberg.

Dadurch ist klar zutage liegend, daß die in dem Flachlande über der nicht durch große Verwerfungen zerstückelten Kreideablagerung aufgeführten Vulkankegel doch in einem völlig gestörten Gebiete auftreten und gerade da, wo die Streichungsrichtung des Grundgefüges eine Änderung erfährt, wo zwei verschiedene Leitlinien in stumpfem Winkel aufeinander stoßen.

---

[1]) Schneider K. Zur Orographie und Morphologie Böhmens Prag 190.

Diese erstgenannten Massen sind nicht gleichmäßig zu gleicher Zeit aus den Erdtiefen entquollen, sondern ordneten sich räumlich und auch petrographisch.

Am deutlichsten zeigt sich dies in den Kegeln, welche sich in drei große Gruppen gliedern. Die innerste Zone gruppiert sich zonenartig in der Daubaer Platte, die zweite in einem Gürtel, der von B. Leipa zur Teufelsmauer bei Oschitz zieht, die dritte in der phonolithischen Außenzone entlang und innerhalb des Lausitzer Gebirges.

Diese Außenzone dürfte den jüngeren Phonolithen des Leitmeritzer Gebirges zur Gänze angehören, so daß sich in diesem engbegrenzten Vulkangebiet die auch in der Außenzone zur Kenntnis tretende Erscheinung zeigt, daß in dem bogenförmigen Verlaufe die jüngsten Bildungen an den Außenrand gleichsam hinausgedrängt werden.

Das Leitmeritzer Gebirge im engeren Sinne besteht in orographischer Beziehung aus drei scharf zu trennenden Teilen. Der südwestliche, durch seinen Formenreichtum ausgezeichnet, erreicht im Milleschauer bei 835 m den Kulminationspunkt. Daran schließt sich nach Nordwesten der plateauartige Ohrener Flügel. Er ist durch die Biela von dem erwähnten Teile getrennt. Das dritte Stück bildet die im Geltschberg mit 725 m ansteigende Wernstadt-Güntersdorfer Hochfläche. Nur das verschiedene Material und die Förderungsart ist maßgebend für den verschiedenen Charakter, den das Gebirge in seinen einzelnen Teilen zeigt.

Die Materialien sind keineswegs einheitlich, sondern zeigen eine große Mannigfaltigkeit, für die sich eine bestimmte Aufeinanderfolge der Gesteine festlegen läßt.

Die ganze Aktion beginnt[1]) mit dem Hervorbrechen der

1. älteren Phonolithe, die häufig in Lakkolithenform auftreten, d. h. die Tätigkeit beginnt mit reinen rheumatitischen Ergüssen.
2. Basalte und Basalttuffe.
3. Trachydolerite, welche rheumatitische Oberflächenergüsse bilden, seltener auch Schlotausfüllungen bilden.
4. Tephrite mit den dazu gehörigen Tuffen. Ihr Auftreten ist an den Essexit von Rongstock gebunden.

Diese Massen wurden im Oligozän gefördert. Danach folgte eine längere Ruhezeit, in welcher es zur Bildung der miozänen Braunkohlenflöze kam, welche nun ihrerseits wieder teilweise von den nachfolgenden Eruptivmassen bedeckt wurden.

---

[1]) Hibsch, J. Geologischer Aufbau des böhmischen Mittelgebirges. Wien 1903.

Diese jüngere Eruptionsphase setzte ein mit

?5. Jüngeren Basalten. Ihnen folgten

6. Trachyt in Form von Oberflächenergüssen und Lakkolithen und untergeordneten Tuffen.

7. Jüngere Phonolithe, in der Mehrzahl von Nephelinphonolith.

8. Gänge von Tinguait und Nephelinporphyr.

Der Bau des Gebirges war demnach schon zum großen Teil abgeschlossen und durchgeführt, als mit dem Miozän das neuerliche Spiel begann.

Die Länge der Zeit hat es verursacht, daß der ehemalige Formenreichtum verwischt ist und nur wenige typische Merkmale übrig blieben. Als solche sind zunächst die phonolithischen Tholoiden aufzufassen, welche zur Gänze aus rheumatitischen Massen aufgebaut sind. Stöcke sind zahlreich vorhanden und einzelne Gebilde wie der aus Nephelinbasanit und Trachydolerit aufgebaute Sperlingstein erinnert an belonitische Formen. Die rheumatitischen Ergüsse haben am meisten dazu beigetragen, daß der hervorstechende Charakter eigentlich der plateauartige ist, über den die einzelnen älteren und jüngeren Kuppen aufragen. Klasmatische Förderungen sind zahlreich vorhanden, große Mengen wurden aber durch die fließenden Gewässer verschleppt.

Jünger und einheitlicher ist das Duppauer Gebirge. Es hat ebenfalls zwei Eruptionsperioden sein Dasein zu danken. An seinem Aufbau beteiligen sich nur Gesteine der Basaltfamilie. Die rheumatitischen Ergüsse sind äußerst dünnflüssig gewesen, darauf deutet die weite Ausdehnung der Ströme, welche an der Stirne oft kaum mehr als 1 m zeigen. In der folgenden Zeit müssen zähflüssigere Massen gefördert worden sein, die sich nur in der nächsten Umgebung des Kraters stauten und zur Aufrichtung eines großen, vorwiegend klasmatisch gefügten Oberbaues Anlaß gaben. Gerade durch die reichliche Masse der klasmatischen Produkte ist der Duppauer Vulkan besonders ausgezeichnet[1]). Doch glichen die dünnflüssigen Rheumatitika die steilen Böschungen aus, so daß der Gesamtbau heute eine aspitische Form zeigt, von ihr sich aber durch sein rheuklastisches Gefüge unterscheidet.

Das ganze Gebirge ist auf dem Südflügel des Erzgebirges aufgebaut, mitten drinnen zwischen großen Verwerfungen.

Die erste Periode seiner Tätigkeit sandte ihre Rheumatitika hauptsächlich gegen Norden und Nordosten. Sie überdecken die bunten Tone,

[1]) Schneider, K. Zur Orographie . . . — Das Duppauer Mittelgebirge in Böhmen. Mitt. d. k. k. geogr. Gesellsch. Wien 1906, S. 60 ff. — Das Duppauer Gebirge. Erzgeb. Zeitung, 1909. Daselbst die weitere Literatur.

welche der unteren Stufe der tertiären Sedimente der Umgebung angehören. Diese bunten Tone sind dadurch im Kontakt verändert (Westfuß des Burberges bei Kaaden). Danach ergibt sich, daß der Beginn der Eruption nach dem Aquitanium einsetzt, d. i. Beginn des Miozän.

Über diesen älteren Bildungen lagern nicht nur Kohlenflöze, sondern auch Süßwasserkalke mit einer miozänen Fauna und Flora. Diese Süßwasserkalke sind von der Hauptmasse der eruptiven Massen überdeckt und im Kontakt kaustiert. Somit setzte die zweite Periode mit der Haupttätigkeit des Vulkans im oberen Miozän ein und hielt wohl durch das ganze Miozän an.

In dieser zweiten Eruptionsperiode lag der Krater bei dem heutigen Städtchen Duppau (Fig. 24 und 25). Dieses ist in ihn vielmehr hineingebaut.

Daß man es hier tatsächlich mit dem alten Krater zu tun hat, geht aus mehreren Gründen hervor. Zum ersten sprechen geologisch-petrographische Momente dafür, zum anderen morphologische. Zu der ersten Gruppe gehören folgende Tatsachen:

1. Inmitten des fraglichen Kraters liegt der Flurhübel. Er ist von zwei Seiten etwas mehr von den fließenden Gewässern angeschnitten, so daß er als „Hügel" erscheint, erreicht aber mit seiner höchsten Spitze von 644 m noch nicht den tiefsten Punkt der weiten Umwallung. Dieser Flurhübel besteht zur Hauptsache aus Theralit, der sich petrographisch wie chemisch als ein in der Tiefe erstarrter Tephrit charakterisiert. Dieses letztere Gestein setzt den weitaus größten Teil des Gebirges zusammen.

2. Neben dem Theralit finden sich eine Menge der verschiedensten Ganggesteine, Gauteite, Monchiquite, Eläolithsyenite u. a., welche darauf hindeuten, daß gerade an dieser Stelle die innigsten Mischungen und Dissoziierungen vor sich gingen, welche eben nur an der Ausbruchsstelle möglich sind.

3. Sämtliche Gänge in der weiteren Umgebung des Duppauer Kessels weisen mit ihrer Streichungsrichtung nach diesem Punkte.

4. Die rheumatitischen Ergüsse fallen rings um den Kessel von diesem gegen das Umland ab.

5. Die klasmatischen Produkte sind gerade mit den größten Ausbildungen hier zu beobachten, während die feineren und feinsten Massen weit davon zu liegen kommen.

Zu diesen geologischen Beweisen kommen nunmehr morphologische hinzu. Es sind dies:

1. Das fragliche Gebiet, ein Kessel von etwa 20 km², ist von einem nahezu gleichmäßig hoch verlaufenden Bergzug eingeschlossen,

der durchweg über 700 m liegt, während der höchste Punkt innerhalb des Kessels, der genannte Flurhübel 644 m mißt.

Fig. 24. Der Krater des Duppauer Vulkans in Böhmen.

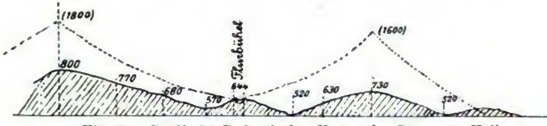


Fig. 25. Profil A—B durch den Krater des Duppauer Vulkan.
········ mutmaßliche Höhe in der Eruptionszeit.

2. Aus diesem Kessel, eine echte Kaldera, führt der Aubach als Barranco heraus. Er verläßt das Gebiet bei 520 m.

3. Um diesen Kessel läuft ein Wulst, der in den Grenzbergen markiert ist. Dieser Wulst überragt, ringsum verlaufend, das untere

Gelände um durchschnittlich 100 m und besteht nahezu zur Gänze aus rheumatitischen Massen.

Dieses seltsame Gebilde ist durch die nachträgliche Destruktion bloßgelegt worden und gibt einen wichtigen Fingerzeig für den inneren Bau rheuklastischer Vulkane.

Es wurde darauf hingewiesen, daß der Gesamtbau den Eindruck einer Aspite hervorruft, die gegen das Innere plötzlich schärfer ansteigt. Die rezenten Vulkane zeigen vielfach diese aspitische Unterlage wie oben an Beispielen ausgeführt wurde. Über ihr ist der klasmatische Oberbau konidenartig aufgeschüttet. Aus verschiedenen Gründen wurde schon von anderen darauf hingewiesen, daß dieser Oberbau eine rheumatitische Grundlage haben müsse, aber noch nirgends konnte an rezenten Bauen dieser Nachweis geführt werden.

In dem tertiären Duppauer Vulkan ist dieser Einbau bloßgelegt. Über ihn wurde der klasmatische Oberbau aufgeführt und durch ihn der Berg erhöht. Es ist eitel Spiel für die einstige Höhe Zahlen zu geben. Jedenfalls war das Gebilde höher als es heute mit dem Burgstadtler (932 m) aufragt.

Durch seine ungeheuren Massen klasmatischen Materials wurde der Duppauer Vulkan schon den ersten Besuchern auffallend. Charakteristisch tritt nunmehr hinzu, daß sich an seiner Peripherie reine Explosionsgebilde erkennen lassen. Als solche sind die „Zwerglöcher“ bei Gießhübel-Sauerbrunn anzusehen[1]) und die Durchschlagsröhren, welche durch die Schnella bloßgelegt worden sind und sich links von der Straße am Hange unterhalb des Galgenberges bei Luditz finden. Diese beiden Durchschlagsröhren von kaum je $1^{1}/_{2}$ m Durchmesser sind erfüllt von basaltischem Tuffe und zwischenliegendem Glimmerschiefer.

Diese Durchschlagsröhren dürften ebenso wie die Zwerglöcher zu den jüngsten Gebilden des Duppauer Vulkanes zu rechnen sein.

Während der Vogelsberg in der äußeren Zone radial zerteilt ist, so ist dies bei dem Duppauer Vulkan nicht der Fall. Hier besorgt der Aubach, der dem alten Krater seine Quellwässer entnimmt, eine Gliederung in zwei Stücke, die höhere geschlossene Burgstadtler Masse und die niedrigere besonders gegen die Peripherie hin aufgelöste Liesener Platte.

Quellkuppen sind in dem Duppauer Vulkan zum Unterschied von dem Leitmeritzer Gebirge Ausnahmen. Nur die Spitzberge am Nordrande des Vulkans westlich von Kaaden sind zwei Vertreter, dazu gesellen sich in der Umgebung einige Gangausbisse.

[1]) Schneider, K. Vulkanologische Studien aus Island, Böhmen, Italien. Lotos 1906.

Umso mehr treten die klasmatischen Produkte in den Vordergrund der Erscheinung.

In gleichem Alter mit dem Duppauer Vulkan stehen die basaltischen und phonolithischen Durchbrüche in dem Tepler Hochland und auf dem Kamme des Erzgebirges. Von den letzteren gehören einzelne Gänge dem Oberoligozän an, die meisten dürften miozän sein. Von großer Bedeutung ist in dem westlichen Erzgebirge das Vorkommen des an 5,5 km langen, kaum 100 m mächtigen klasmatischen Längsausbruches, der bei Werlsgrün anhebt, über die Zimmerhöhe zur Pfarrwiese sich verfolgen läßt. Das Alter dieser Joachimstaler Vulkanbreccie dürfte das Mittelmiozän sein[1]).

Dem Diluvium gehört der Kammerbühl und Rehberg in der östlichen Gruppe der inneren Zone an. Sie wurden, soweit es in diesem Zusammenhange notwendig erschien, bereits oben besprochen.

Wesentlich anders gestalten sich die Verhältnisse in der westlichen Gruppe der inneren Zone. Hier sind keine derartig zusammengesetzten Gebilde oder einheitlichen großen Baue wie in der Ostgruppe.

Die zusammenhängendste Masse bildet der Kaiserstuhl, der knapp vor der in den Schwarzwald eingreifenden Freiburger Bucht liegt, mitten in dem weiten Grabenbruch zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald und vom Miozän bis zum Pliozän tätig war und bei dem die „Agglomerate den größeren Teil bilden“[2]).

Außer diesen klasmatischen Produkten treten Basalte und Phonolithe auf, welche sich am Aufbau beteiligen, allein sie stehen insgesamt den ersteren an Masse nach. Dabei darf nicht vergessen werden, daß gerade die klasmatischen Produkte besonders angetan sind, von den Athmosphärilien verschleppt zu werden. Das ganze Gebirge ist auch vielfach schon abgetragen. Nur kaum 375 m ragt es mit seinem höchsten Berge, dem Totenkopf, über die Umgebung auf und ist somit 557 m über dem Meeresspiegel. Die Tageswässer haben ihre Furchen in den rheuklastischen Schichten gezogen und so gerade die Westseite gegen den Rhein zu besonders aufgelöst. Durch die unterliegenden oligozänen Kalkmergel, welche vielfach verändert worden sind und insbesondere bei Eichstetten, Oberschaffhausen und Wasenweiler auftreten, ist die untere Altersgrenze festgelegt, die mächtigen Lößablagerungen, welche die Hänge des Gebirges bis zu 30 m Mächtigkeit bedecken, ist die oberste

[1]) Schneider, K. Über einen tertiären klasmatischen Längsausbruch im westlichen Erzgebirge. Zentralbl. f. Min. Jg. 1910, S. 802. — In dieser Darstellung wurde das Nordostende des Ausbruches in das Elbbecken verlegt. Die Flurbezeichnung, in der der Ausbruch zum letzten Male festzulegen ist, ist Pfarrwiese. Damit sei die frühere Ausführung richtiggestellt.

[2]) Lepsius, R. Geologie v Deutschland. S. 732.

Entstehungszeit abgegrenzt. Danach läßt sich die Bildungszeit in das jüngere Tertiär ansetzen[1]).

Haben schon im Kaiserstuhl die klasmatischen Produkte die Vorherrschaft, so gilt dies in weit ausgedehnterem Maße für die vulkanischen Bildungen des Hegau. In diesem Gebiete handelt es sich nicht um einen zusammenhängenden Vulkan, sondern um zahlreiche Vulkanberge, welche sich ehedem mehr weniger reihenförmig in Süd-Nordrichtung gruppierten und vorwiegend nur Klasmatika förderten.

Diese Vulkane gehören nach dem Materiale, das sich am Aufbau beteiligt, zwei Reihen zu. Die erste östliche ist phonolithisch. Zu ihr sind zu zählen das Rosenegg, Hohentwiel, Staufen, Hohenkrähen und Mägdeburg. Zu der westlichen basaltischen gehören der Riedheim, Hohenstoffeln, Hohenhöwen und einige andere. Die höchste Kuppe ist der Höwenegg mit 905 m, die bekannteste der Hohentwiel (692 m). Weit beherrscht man von seinem Turme die Umgebung und erkennt schon von hier aus die eigene undulierte Landschaft im Umlande. Es sind Moränenwälle, wie das nähere Hinzukommen erkennen läßt. Sie sind bis gegen Engen und Aach zu verfolgen. Demnach haben diluviale Eismassen die Hegauer Vulkane umdräut und große Mengen des leicht beweglichen klasmatischen Materials vertragen.

An einzelnen Stellen mögen sogar etwa vorhandene Rheumatitika abradiert worden sein, wofür aber kein direkter Beweis vorhanden ist.

Aus der Tatsache, daß die Phonolithstöcke rings von einem klasmatischen Mantel umgeben sind, die mit bis 30° gegen das Umland fallen und daß sich z. B. am Hohentwiel in den Klasmen die Brocken des durchstoßenen Untergrundes finden, wodurch auf äußerst heftige Paroxysmen geschlossen werden darf, geht hervor, daß die Hegauer Vulkane zur Zeit ihrer Tätigkeit die einzigen typischen Vertreter echter Koniden in Europa waren. Nur der innere Kern war rheumatitisch, die äußere Zone klasmatisch. Diese letzteren Massen überwogen weitaus den festen klasmatisch-rheumatitischen Kern. Diese sind verschwindend im Vergleich zu letzteren.

Diese Klasmatika wurden zur Zeit ihrer Entstehung in die Umgebung verschleppt und sind in nahen Süßwasserseen zum Absatz gekommen. Diese lassen nach der eingeschlossenen Fauna und Flora das obermiozäne Alter erkennen[2]). Allzulange mag die Tätigkeit dieser Feuerberge nicht angehalten haben. Schon das Pliozän mag auf die erloschenen Koniden geschaut haben.

---

[1]) Regelmann, C. Gibt für die Entstehungszeit des Gebirges das Mitteloligozän an. Erläut. z. geol. Übersichtskarte von Württemberg und Baden. Stuttgart 1907, S. 18.

[2]) Lepsius, a. a. O. S. 720.

Älter als diese Hegauer Vorkommnisse sind die Uracher Bildungen. Sie gehören nach Brancas Untersuchungen dem Mittelmiozän an[1]). Sie liegen über ein Gebiet von 1100 km² zwischen Gaisbühl im SW., dem Aichelberg im NE., Apfelstetten im S. und Scharnhausen bei Stuttgart im N. „Auf diesem Gebiete finden sich an nicht weniger denn 121 verschiedenen Stellen vulkanische Tuffe. Wogegen an nur 12 bezw. 13 Orten zugleich mit dem Tuffe auch Basalt erscheint und letzterer außerdem noch an 6 bezw. 7 Orten ohne Tuffbegleitung allein für sich auftritt." Das vorherrschende Material ist demnach Tuff, klasmatisches Material, das aber keineswegs allein, sondern mit den durchbrochenen Gesteinsschichten vermengt auftritt, d. h.: in diesem Falle waren es heftige explosive Vorgänge, welche zur Auslösung drängten, aber mit dem Augenblick der Explosion abgeschlossen waren.

Sie durchschlugen das überlagernde Gestein, füllten die entstandenen Durchschlagsröhren mit dem klasmatischen Material, waren aber nicht imstande über dem Erdboden noch weiter aufzubauen.

In die gleiche Gruppe der Uracher Vulkanmaare gehört das Ries bei Nördlingen, in dem die vulkanischen Massen sehr gering sind und dessen Alter früher als das Uracher dem Mittel- oder Untermiozän zugezählt wird[2]).

Dem westlichen Stück der inneren Zone ist somit ein großer gemeinsamer Zug: es ist das Vorherrschen der klasmatischen Produkte, wodurch sie im Gegensatze zu dem östlichen Teile stehen, in welchem allerdings der Duppauer Vulkan auch durch das Vorherrschen dieser Förderungsart ausgezeichnet ist.

Versucht man die Aufeinanderfolge der Ausbruchszeiten, des ersten Beginnens vulkanischer Kraftäußerung in dem inneren Bogenstück aufzudecken, so ergibt sich folgende Tabelle:

Unter Ober	oligozän:	Leitmeritzer Gebirge.
Unter Mittel Ober	miozän:	Duppauer Vulkan, Ries Urach, Kaiserstuhl? Hegau.
Unter Ober	pliozän:	—
Pleistozän:		Kammerbühl, Rehberg.

[1]) Branca, W. Schwabens 125 Vulkanembryonen. Stuttgart 1894, S. 681.
[2]) Ebenda S. 165.

Aus dieser Analyse der beiden Vulkanzonen Mitteleuropas, welche sich wohl eine Korrektur gefallen lassen wird, bis die genaueren Untersuchungen für die äußere Zone vorliegen, ergibt sich somit die Tatsache:

1. Die beiden Vulkanzonen sind nicht gleichzeitig tätig.

2. Die Haupteruptionszeit Mitteleuropas ist das Miozän.

3. In beiden Zonen ist vom Beginn der Eruptionstätigkeit ein Wandern nach Westen festzulegen.

4. Die innere Zone ist wesentlich früher erloschen als die äußere.

5. In beiden Zonen schließen klasmatische Paroxysmen den Prozeß ab. Die frühere Zeit ist imstande in der inneren Zone noch Koniden werden zu lassen, die spätere Periode gestaltet in der Außenzone nur mehr Homaten. In beiden Zonen sind Durchschlagsröhren, Maare, die Anzeichen des Verlöschens. Mit ihrem Einsetzen tönen die rheumatitischen Förderungen aus. Sie verschwinden oder treten doch nur in ganz beschränkter Form auf.

6. Der Vulkanismus Mitteleuropas entwickelt sich dem Charakter des Phänomens folgend sprunghaft. Nach kurzen Anläufen zeigt er im Miozän eine besondere Kraftentfaltung, türmt in dieser Zeit nicht nur die größten, sondern auch die meisten der Vulkanberge in diesem Erdenstück auf und tönt im Pliozän völlig aus. Nach dieser Periode beginnt ein letztes Erwachen, das sich im Diluvium besonders auslebt, um aber bald ein völliges Erlöschen zu zeigen.

Dem Wandern der Ausbruchspunkte (Fig. 26) vulkanischer Massen geht parallel der Verlauf der warmen und heißen Quellen Mitteleuropas.

In der inneren Zone zeigt die Therme von Johannisbad 29,5°, Teplitz 48°, Karlsbad 74°, Baden-Baden 86° C, in der äußeren Zone Burtscheid 76°, Wiesbaden 68°, Aachen 55°, Ems 50° C. u. a. Aus dem östlichen Teile sind keine Thermen von annäherndem Wert und Bedeutung.

In der äußeren ebenso wie in der inneren Zone nehmen die Säuerlinge gleichfalls von E. nach W. an Zahl zu.

Im Zusammenhange ergibt sich die Altersfolge der Vulkane Mitteleuropas aus folgender Tabelle:

		Äußere Zone:	Innere Zone:
Unter Ober	oligozän	Rhön, Vogelsberg, Pl. du Cantal	Leitmeritzer- Gebirge
Unter Mittel Ober	miozän	Siebengebirge, Knüllberge, Limagne, Kasseler-Vulkane, Westerwald.	Duppauer V., Ries, Urach, Kaisertuhl?, Hegau

		Äußere Zone:	Innere Zone:
Unter / Ober	Pliozän	Mt. Dôre, Eifel, Puy de Dôme (volcan sdomitiques)	— / —
Älteres / Jüngeres	Pleistozän	Freudentaler Vulkane, Puy de Dôme, Laacher Vulkane	Kammerbühl, Rehberg

Neben den genannten Gebieten finden sich in Europa eine Reihe anderer Eruptionspunkte. Das weitaus größte von allen zeigt der Norden von England und die nördlich davon gelegenen Inseln Far-Oer und Island. Erstere hat A. Geikie beschrieben, für letztere Gebiete wurden anderweitig die vorhandenen wichtigsten Angaben gemacht.

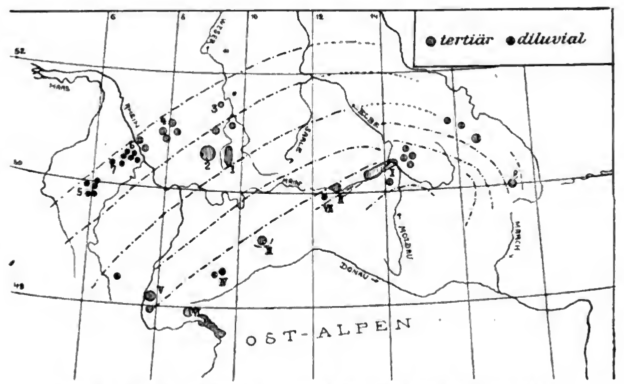


Fig. 26. Die vulkanischen Gebilde Mitteleuropas und ihre Altersfolge. I—VI innere, 1—8 äußere Zone. Maßstab: 1 : 18000000.

In dem tertiären Stauungsgebiet Mitteleuropas treten gleichfalls größere vulkanische Bildungen zutage, insbesondere ist dies an dem Innenrande der Karpathen der Fall, während aus den Alpen nur wenige Eruptionsgänge bekannt sind.

Umso bedeutender sind die gleichen Gebilde aus dem Halbinselland Italien. Hier beginnen die Eruptionen von Norden nach Süden zu wandern, beziehungsweise den Schwerpunkt der Aktion zu verlegen. Von den Euganeen wandert das Ausbruchszentrum über Mittel- nach Süditalien[1]). Waren diese Ausbruchsstellen zwar im ersten Anheben

[1]) Schneider, K. Vulkanologische Studien a. a. O.

zeitlich nahe gerückt, so erlosch sie doch im Norden eher als im Süden, begann vielmehr hier mit völlig neuen Gebilden (Vesuv, campi phlegraei).

Im Diluvium waren noch andere Gebiete Europas der Schauplatz vulkanischer Kraftäußerungen. Es sind dies die Homaten von Olot, welche in einem weiten, nach E. offenen Bogen angeordnet sind und in ihrer Anordnung gleichsam den Golfo de Rosas widerspiegeln. Sie ruhen zunächst den älteren miozänen Schichten auf, aber mit den am weitesten versprengten Bildungen gegen Rosas liegen sie über quartären Schichten. Auch sie werden von Porphyren begleitet, welche die Silur- und Karbonablagerungen durchbrechen und bis an das Cabo de Créus heranreichen, während im W. ihr Ausgehendes bei Ribas und S. Juan de las Abadesas beobachtet werden kann[1]. Auf die diluvialen Bildungen in Italien und Griechenland ist weiter oben hingewiesen worden.

Aus der Analyse des europäischen Vulkanismus ergibt sich, daß dieses Festland im Tertiär, der Blütezeit des Phänomens, reichlich in seinem westlichen Teile bestellt war. Dort, wo die Erdkruste, welche Europas Landfeste zusammensetzt, durch intratellure und kosmische Kräfte zerrüttet und zerstört worden ist, dort traten die juvenilen Massen in den verschiedensten Formen zutage. Noch bis zum Tage ist der vulkanische Zyklus nicht abgeschlossen, sondern gerade da am meisten entwickelt, wo die tertiären Bildungen vor sich gegangen sind.

Noch im Diluvium, während die Eismassen des Nordens ein Großteil des Kontinentes bedeckten, waren Explosionsausbrüche keine Seltenheit. Ihre Auswürflinge wurden in den glazialen Ablagerungen wiederholt beobachtet und selbst der Mensch hatte noch das Schauspiel eines Ausbruches in Mitteleuropa. Freilich verraten dies nur seine überlagerten und verschütteten Steingeräte, aber nicht die Tradition, Sang oder Sage.

Die Gebilde, die als letzte geworden, haben das Aussehen, als wären sie erst vor kurzem entstanden. Aus der Form, der Förderung, dem Produkte der Schichtung und Lagerung ist ein Rückblick in den geologischen Zeitbegriff möglich, eine Spanne, die kurz ist, die aber Menschentradition nicht zu umspannen vermag.

---

[1]) Carte géologique internationale de l'Europe. F. 30. B. V.

Die geographische Verbreitung der Vulkane der Gegenwart

Seitdem Bernhard Varenius seine geographia universalis herausgab, seitdem er den Namen „Vulkan" als Terminus in die Wissenschaft einführte und den ersten Vulkankatalog zusammenstellte[1]), kann man von einer Geographie der Vulkane sprechen. Nach Varenius folgte A. Kircher und wieder nach hundert Jahren rasch und kurz nacheinander eine Reihe von Männern, welche den Vulkanen und ihrer Geographie ein besonderes Studium zuwandten. Das Hauptaugenmerk wandte sich der genauen Bestimmung des Vulkankataloges zu. Jeder Feuerberg, von dem ein Ausbruch bekannt wurde, ward aufgenommen.

Die Erforschung des Erdballs vermehrte die Zahl der Essen[2]). So zählte A. Werner 193 Vulkane, C. v. Leonhard 187, Arago 175, A. v. Humbold 225, Keith Johnston 270, C. Fuchs 323, G. Mercalli 415. Bei allen diesen Zusammenstellungen wurde der historische Zeitbegriff in die Naturwissenschaft eingeführt. Die willkürliche Zeitbestimmung, die Zunahme der Erdkenntnis vermochte es, an eine Zunahme des Phänomens in der Gegenwart zu glauben.

Der Entwicklungsprozeß des Vulkanismus seit dem Tertiär lehrt das Gegenteil.

Zahlreiche Berge werden als „tätig" geführt, welche durch ihr ganzes Werden und Aussehen darauf hindeuten, daß aus ihnen niemals ein Ausbruch mehr stattfinden wird. Der Mt. Nuovo, Las Pilas und el nuevo in Leon gehören in diese Gruppe. Aber auch andere Berge, deren Beginn bis in das Tertiär zurückreicht, zeigen durch die Form des letzten Ausbruches, daß sie der Gruppe der „tätigen" Vulkane wohl nicht mehr zugehören. G. Gelungung, Tambora, Tarawera, Krafla würden hierher zu rechnen sein. Bei diesen Bergen wurde während des letzten Ausbruches nur klasmatisches Material gefördert. Keinerlei Anzeichen deuteten auf vorhandene schlummernde Kräfte. Es ist dies von Bedeutung, da z. B. der Adatura oder Dakeyama auf Japan 21 Jahrhunderte hindurch keine Ausbrüche hatte, aber während dieser Zeit beständige pneumatitische Exhalationen erkennen ließ[3]).

Alle diese letzten Ausbrüche waren klasmatischer Natur, alle schufen jene Formen, welche als letzte Bildungen anzusehen sind. Nur

[1]) Schneider, K. Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus. Prag 1908. S. 12f.

[2]) Schneider, K. Über neue geotektonische Untersuchungen. Gaea 1909. 10. Heft.

[3]) Kleins Jahrbuch d. Astronomie und Geophysik 1901. S. 261.

bei dem Ausbruch des Tarawera erfolgte der Paroxysmus nicht von einem Punkte, sondern von mehreren längs einer langen Linie gelegenen Ausbruchspunkten.

Der Umstand, daß der Ausbruch ein rein klasmatischer war, daß keinerlei Lava gefördert wurde, ist ein Beleg dafür, da sich gerade „Spaltenausbrüche“ durch die rheumatitische Förderungsart charakterisieren, wie die Geschichte des Vulkanismus zeigt[1]). Anklänge an den neuseeländischen Ausbruch zeigten die Eruptionen der Sveinagjá und des Laki auf Island, wie Sappers Beschreibungen erkennen lassen[2]).

Demnach gibt die Förderungsart und Form den Schlüssel für die Beurteilung des erloschenen oder tätigen Berges. Eine Zeitbestimmung nach menschlichem Begriff bleibt immer etwas völlig Willkürliches.

Um demnach auf eine Zu- oder Abnahme des Phänomens seit dem Diluvium schließen zu können, müssen alle Vulkanberge herangezogen werden, welche dem geologischen Befunde nach seit dieser Zeit „tätig“ gewesen sind. Leider liegen für wenige Gebiete die Zahlen vor, auf welche man sich stützen kann. Daß aber eine Abnahme besteht, geht aus folgender Tabelle hervor:

	Zahl der tätigen Feuerberge im	
	Diluvium-Alluvium:	in der historischen Zeit:
Europa (ungefähr)	150	10
Island	130	22
Japan[3])	165	59
Java[4])	112	19
Mittelamerika[5])	80	25
Sumatra[6])	68	9
Auckland[7])	61	—
Bismarckarchipel[8])	52	5

[1]) Auf dieses Moment weist schon G. Mercalli mit Recht hin. Ein besonderes Charakteristikum der Spaltenausbrüche ist „prevalenza dell' azione effussiva su quella esplosiva; il caso del Tarawera essendo eccezionale.“ J vulcani . . . S. 40.

[2]) N. Jb. f. Min. a. a. O.

[3]) General map showing the distribution of volcanoes. Der dazu gehörige Text zählt gleichfalls nur 59 tätige Berge. Allein die in beiden Tabellen geführten Namen decken sich nicht.

[4]) F. Verbeek-Fennema a. a. O.

[5]) Sapper, K. Z. d. d. g. Gesellsch. Jg. 1897. S. 672f.

[6]) Nach Verbeek.

[7]) v. Hochstetter a. a. O.

[8]) Hammer, K. Die geogr. Verbreitung d. vulk. Gebiete und Erscheinungen im Bismarckarchipel und den Salomonen. Gießen 1907.

	Zahl der tätigen Feuerberge im Diluvium-Alluvium:	in der historischen Zeit:
Philippinen[1]	49	11
Kl. Antillen[2]	44	6
Ecuador[3]	41	3 (4)
Kamtschatka[4]	33	9
Peru-Bolivien[5]	31	3 (5)
Chile-Patagonien[5]	27	5 (10)
Salomonen[6]	22	3
Columbien[5]	16	3 (4)
	1081	192 (201)

Die Geschichte der Galápagos, Hawaiis, Afrikas Vulkanzone und Amerikas Verbreitungsgebiet vulkanischer Baue würde weitere Zahlen bringen können.

Aus dieser nur auf wenige Vulkangebiete der Erde beschränkten Auswahl vulkanischer Baue, deren Zahl seit dem Diluvium bis zur Gegenwart immer mehr abnimmt, ergibt sich für den Geographen-Geologen die wichtige Tatsache, daß „nicht die in Chroniken oder wissenschaftlichen Werken aufbewahrten Ausbruchsberichte (erkennen lassen), ob ein Gebirge als erloschen oder noch tätig zu betrachten sei; die Entscheidung dieser Frage kann nur aus einer Untersuchung der geognostischen und topographischen Verhältnisse solcher Berge abgeleitet werden; zu ihrer Lösung ist das Studium der beiden die Gestalt der Berge bedingenden, aber entgegengesetzt wirkenden, aufbauenden und zerstörenden Naturkräfte zugrunde zu legen"[7]. Nur die Morphologie kann eine Lösung herbeiführen. Die Form des Berges, die Art des geförderten Materiales geben den Schlüssel zur Lösung der Frage.

In den weitaus meisten Fällen, wo in historischer Zeit Ausbrüche statthatten und wo überhaupt auf einem schon im Tertiär gefügten

[1] Becker, G. Rep. on the geology of the Philippine Islands. Washington 1901. S. 55—56.

[2] Sapper, K. Die vulk. kleinen Antillen. N. Jb. f. Min. Jg. 1904.

[3] Stübel, A. Die Vulkanberge v. Ecuador. Berlin 1897. S. 2f.

[4] Bogdanowitsch a. a. O.

[5] Stübel, A. Über die Verbreitung der hauptsächlichsten Eruptionszentren in Südamerika. P. M. Jg. 1902.

[6] Hammer, K. Die geogr. Verbreitung d. vulk. Gebiete und Erscheinungen im Bismarckarchipel und den Salomonen. Gießen 1907.

[7] Reiß-Stübel. Ausflug nach den vulk. Gebirgen von Ägina und Methana im Jahre 1866. Heidelberg 1867. S. 44.

Vulkanberg ein neuer durchbrach, ist dieser kleiner ihm vielfach eingeschachtelt. Der Vesuv kann als nahes Beispiel herangezogen werden, desgleichen Santorin. Auf Java ist diese Erscheinung, die das deutliche Abschwächen der vulkanischen Kraft seit dem Tertiär illustriert, durch Verbeeks Untersuchungen deutlich geworden. Zahlreich sind hier die Beispiele, wo in dem alten Krater neue Berge werden. So liegen z. B. in dem alten Krater des G. Tengger, der 8,5 km im Durchmesser besitzt, drei kleinere jüngere Homaten der G. Widodaren, G. Giri und G. Bromo, von denen wieder der letztgenannte jüngste der kleinste, der erstgenannte der größte ist. Sie sind ineinander eingeschoben und nur der Bromo zeigt seine reine Gestalt und Entfaltung. Die Entwicklungsgeschichte der vulkanischen Baue hat zahlreiche andere Belege gezeitigt.

Die einfache zahlenmäßige Gegenüberstellung der tätigen und erloschenen Berge genügt nicht für ein Gebiet. Ihr haftet ein großer Fehler an.

Diese Zahlen dürfen nicht absolut, sondern müssen relativ genommen werden. Jedes Vulkangebiet muß einzeln untersucht werden, wie sich in ihm die vulkanische Kraft entwickelt hat. In keinem der in der Tabelle genannten Gebiete waren und sind alle erloschenen und tätigen Berge zu gleicher Zeit in Aktion. In jedem dieser Territorien waren immer nur eine bestimmte Anzahl von Bergen in einem Ausbruchsstadium, nie alle zugleich, nie versagten alle auf einmal. Daher muß mehr als in einer anderen Disziplin aus der Lehre des Vulkanismus der menschlich-historische Zeitbegriff ausgeschaltet werden und an dessen Stelle die geologische perioden- und epochenhafte Zählung treten.

Durch diese Zeitbetrachtung werden jene großen Entwicklungsphasen, welche oben durch typische Beispiele erläutert wurden, verständlich.

Wie in dem kurzen Zeitabschnitt des historischen Denkens nicht alle Berge auf einmal tätig waren und gleiche Förderung brachten, so auch in der geologischen Epoche. Erst nach einer großen Zeitspanne tritt der Gegensatz gegen früher oder später scharf zur Erkenntnis. Das mehr topographische Auftreten des Phänomens gestaltet die Übersicht schwieriger. Erst die Analyse jedes einzelnen Gebildes erlaubt den Überblick und läßt das Relikt des Vergangenen von dem Modernen unterscheiden.

Außer dieser geänderten Zeitbetrachtung muß die Geographie des Vulkanismus vom Einzelwesen des Berges absehen und zur flächenhaften Betrachtung übergehen.

So sehr der Vulkanismus in seinem Auftreten eine engbegrenzte topographische Erscheinung ist, so ist seine Wirkung insbesondere dort,

wo er vergesellschaftet auftritt, flächenhaft. Diese Fläche ist eine bedeutende, wie gleich zu Beginn gezeigt werden konnte. Aber dieses Areal ist kein zusammenhängendes, sondern ist nur in einzelnen Gebieten zu beobachten. Diese müssen festgelegt werden und verlangen eine genaue Vermessung und soweit als möglich eine Abschätzung der gesamten Mächtigkeit. Dadurch ist es ermöglicht Näherungswerte gegeneinander abzuwägen und abzuschätzen. Nur so ergibt sich ein Näherungswert — der Geologie ist es in diesen und ähnlichen Fällen versagt mit exakten Zahlen zu arbeiten — für die Untersuchung der Flächen und Volumina vulkanischer Massen in verschiedener Breite und Länge.

Erst dann, wenn die flächenhafte Betrachtungsweise zu großen Grundgesetzen gekommen ist, kann und muß sie zu dem Einzelberg zurückgreifen und seine topographische Lage im Raume festlegen. Diese Untersuchungsmethode gibt eine weitere Erkenntnis in der geographischen Verbreitung des Phänomens. Sie erst zeigt, ob die kosmische Erscheinung, welche der Vulkanismus ist, kosmischen Gesetzen unterliegt.

Die Verbreitung der vulkanischen Erscheinungen der Erde zeigt auf eine ganze Reihe großer gesetzmäßiger Beziehungen hin. Nicht wahllos und regellos finden sich die Feuerberge, sondern in vollkommenem Einklang mit den großen Leitlinien, welche die Konturen des Erdantlitzes beherrschen.

Wie einzelne Gebilde des Mondes eine bestimmte geographische Verbreitung haben, so ist dies auch auf der Erde der Fall. Sind die Formen der gestaltenden und formenden Kraft des Vulkanismus kosmopolitisch, in allen Breiten und Zonen nach den gleichen zugrundeliegenden Gesetzen gefügt, so ist die Verbreitung des Phänomens eine durchaus terrestrischen Leit- und Richtungslinien untergeordnete Erscheinung. Außer diesen terrestrischen Gesetzen kommen solche kosmischer Natur zum Durchbruch.

Diese Verbreitung des vulkanischen Phänomens auf der Erde in der Gegenwart läßt sich auf folgende Hauptgesetze zurückführen:

1. Die vulkanischen Gebilde der Erde der Gegenwart sind in ihrem Auftreten an die Großformen des Erdantlitzes geknüpft und stehen mit ihnen in den großen Dislokationsgebieten des Planeten.

Zu diesem Fundamentalgesetz kommen eine Reihe weiterer.

2. Der pazifische Teil des Planeten ist von den vulkanischen Bildungen besonders betroffen.

3. In dem pazifischen Teile der Erde ist die Ostküste der „alten“ Welt mehr betroffen als die Westküste Amerikas.

4. Die Vulkane sind in den weitaus meisten Fällen in der Längsrichtung angeordnet.

5. Die Feuerberge sind nicht in Reihen aber wohl in relativ schmalen Zonen entwickelt.

6. Die jüngsten Gebilde treten mehr gegen den Außenrand des Kontinentalsockels zur abyssischen Tiefe auf.

7. Die Feuerberge häufen sich gerade dort besonders, wo die Richtungslinien des Grundgefüges eine Änderung erfahren.

Zu diesen tellurischen Gesetzen von der Verteilung der Feuerberge treten in der Folge noch einige hinzu, welche besser als die kosmischen Gesetze der Verbreitung bezeichnet werden, da sie ihre Festlegung durch die kosmischen Kräfte bekamen, welche das Antlitz der Erde überhaupt schufen.

Diese letzteren Gesetze, welche eine höhere Ordnung in der Verteilung des Phänomens verraten, lassen sich erst aus der Topographie des Einzelindividuums ableiten, sind also nicht die flächenhaften tellurischen.

Die topographische Untersuchung lehrt noch einzelne weitere tellurische Gesetze der Verbreitung der Feuerberge. Sie sind:

8. Die Feuerberge bilden nicht die höchsten Teile eines Gebirges, setzen nicht die letzten und höchsten Spitzen den Großformen der Erde auf, sondern treten vielmehr vielfach an den Flanken und an dem Fuße der Gebirge auf.

Dieses achte Gesetz parallelisiert sich einigermaßen mit dem 6. tellurischen. Es ist umso bemerkenswerter als es nicht nur für die rezenten Feuerberge zu Recht besteht sondern sich auch an den tertiären und — soweit dies erkenntlich ist — an den älteren analogen Gebilden erkennen läßt[1]).

Die kosmischen Gesetze in der Geographie des Vulkanismus werden im weiteren Verlaufe die Aufstellung erfahren.

Die aufgestellten Gesetze in der tellurischen Verteilung des Phänomens werden durch die nachfolgenden Ausführungen begründet.

Mehr als zwei Quadranten der Erde — das Gebiet zwischen dem 60° westlicher Länge und 90° östlicher Länge von Greenwich — werden von dem pazifischen Ozean in der Hauptsache eingenommen.

Diese pazifische Seite ist der Hauptsitz des vulkanischen Phänomens. Nicht nur, daß der Küstenstrich von den Essen bestellt ist, auch mitten darin treten die gleichen Gebilde auf. Nicht weniger als 3,43 Mill. km² Fläche wird von den juvenilen Massen auf dieser Erdhälfte bedeckt.

---

[1]) Auf diese Tatsache hat eigentlich schon L. v. Buch hingewiesen und zu erklären versucht, wie ich in der Abhandlung „Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus", Prag 1908, S. 28 gezeigt habe.

Nicht nur die höchsten, sondern auch die größten und tätigsten Feuerberge liegen auf dieser Hemisphäre. Alle Dimensionen vom erloschenen Aso auf Japan über die tätigen Vulkane von Hawaii bis zu dem explosiven Massaya sind in diesem Erdenstrich zu finden, alle vulkanischen Formen von den rheumatitischen Pedioniten in Mexiko und den Aspiten von Galápagos und Mauna Loa zu den Homaten eines Bromo treten hier auf und für die Produktionsform der vulkanischen Massen zeigen sich gleichfalls die typischesten Vertreter in dieser Erdhälfte. Wieder steht Hawaii mit den rheumatitischen Ergüssen als Beispiel, dazu gesellt sich Sawaii. Hawaiis Geschichte lehrt ebenso wie die des Massaya den Übergang von der rheumatitischen Form zur klasmatischen. Diese sind in großer Zahl aus der pazifischen Erdhälfte bekannt. Krakatoa, G. Gelungung u. a. seien angeführt. Für die pneumatitische Form sei auf Neuseeland und den Yellowstone Park statt anderer verwiesen.

Leider steht für die meisten Gebiete dieser Erdhälfte die Untersuchung aus, und mancher Vulkan dürfte noch nicht zur Kenntnis gelangt sein, so daß die Zahl der erloschenen und tätigen Berge immer noch größer sein wird als angegeben ist.

Die Flächenstücke vulkanischer Provenienz auf dieser Erdhälfte sind keineswegs um und in dem Ozean regellos verteilt.

Schon seit langem ist der pazifische Küstentypus, den E. Sueß markant hervorzuheben wußte, in seinen besonderen Eigenheiten erfaßt. Lange Kettengebirge laufen der Küste parallel und lösen sich in einzelnen Gebirgsbogen von dem Festlande ab, um wenig vom Lande entfernt an der Ostküste Eurasiens die Festlandskonturen nochmals wiederzuspiegeln. Zwischen ihnen und dem eigentlichen Kontinentalgebiete fluten seichte Meere oder sind tiefe Kessel niedergebrochen. Vor ihnen gegen den Ozean zu liegen tiefe Graben von den Wogen des Meeres bedeckt, durch das Tiefseelot entdeckt.

Gerade diese Bogenstücke sind es, welche durch Feuerberge seit dem Tertiär besonders bedacht sind und auf denen die vulkanische Kraft sich noch heute rege erprobt.

Der Verlauf der Bogenstücke bringt es mit sich, daß der Verbreitung des Phänomens von vornherein etwas Zonenartiges anhaftet, daß die Längenausdehnung gegenüber der Breitendimension im Vordergrunde steht.

So einheitlich diese Bogen in tektonischer Beziehung sind, so leicht gruppieren sie sich in verschiedenen geographischen Einheiten.

Unschwer lösen sich diese relativ schmalen Bogenstücke in einzelne Zonen auf (Fig. 27), deren es im ganzen 10 gibt. Es sind dies

1. die melanesische Vulkanzone,
2. die indophiline Zone,
die japanische Zone, welcher angehören der
3. Riukiu-, 4. Japan-, 5. Kurilenbogen,
6. die Marianenzone,
7. die nordpazifische Zone,
8. die Kaskadenzone,
9.—11. die mexantillandine Zone,
12. die mittelamerikanische Zone,
13. die peruboliviane Zone,
14. die chilenisch-patagonische Zone,
15. die Hawaiizone.

Die Länge der Vulkanzonen, welche von Neuseeland längs der Kontinente bis nach Südamerika den Ozean umgürten, ist an 58000 km, d. h. nahezu ein und einhalb mal so lang als der Äquator.

Diese Zonen sind keineswegs einheitliche Stücke, sondern lösen sich vielfach selbst wieder in einzelne Unterabteilungen auf. Die vulkanischen Essen häufen sich in einzelnen Teilen, um in anderen völlig frei auszugehen. Schwarmstücke begleiten als Außenseiter die Hauptzonen ohne daß zunächst ein Zusammenhang festzustellen wäre. Nur das morphologisch-geologische Moment zwingt sie zueinander, aber schon hier zeigt ein Blick auf die Übersichtskarte in dem pazifischen Teile eine Reihe großer Homologien. Auf die Ähnlichkeit zwischen der indophilinen und der mexantillandinen Zone hat schon Kotô hingewiesen[1]) und E. Sueß[2]) hat die Bandasee mit dem caribischen Meere, die Harafurasee mit dem mexikanischen Golfe verglichen. Die tektonische Verwandtschaft ist vorhanden, auch die vulkanischen Zonen lassen dies deutlich erkennen.

Der melanesische Vulkanbogen zeigt gegen Norden gleiche aber kleinere analog verlaufende Stücke. Es sind dies der Carolinenbogen, der Tonga- und Samoabogen, im Ozean aber biegt sich nach der gleichen Richtung die Hawaiizone. Die nordpazifische und die Kaskadenzone zeigen ihr dagegen die Stirne. Dem nordandinen Stück liegt Galápagos vor, dem chilenisch-peruanischen das noch im 19. Jahrhundert tätige von Juan Fernandes.

Die Lücken, welche zwischen den Zonen der ostpazifischen Küste auftreten, sind an der westlichen nicht vorhanden. Im Gegenteil treten hier die Vulkane dicht aneinander heran, ebenso wie die großen

[1]) Kotô. On the geol. structure of the malayan archipelago. Journal of the college science. Tokyo. Vol. XI. Part II 1899.

[2]) Sueß, E. Antlitz d. Erde. II. S. 209. III. 297.

schmalen Graben gerade diese Seite des Ozeans besonders charakterisieren.

Auf dieser Seite lösen sich die Zonen rasch ab, die Vulkane treten an den Außenrand, ehe noch der Abfall zur Tiefe vor sich geht. Daran hat ebenfalls schon mit Nachdruck E. Sueß hingewiesen und gezeigt, daß von „Kamtschatka wie von der malayischen Halbinsel die Kordilleren gleichsam in den Ozean hinab (steigen) und bis zu den Bonin-Inseln hinaus erkennt man, daß die Anordnung der Vulkane bedingt ist durch analoge Vorgänge“ [1]).

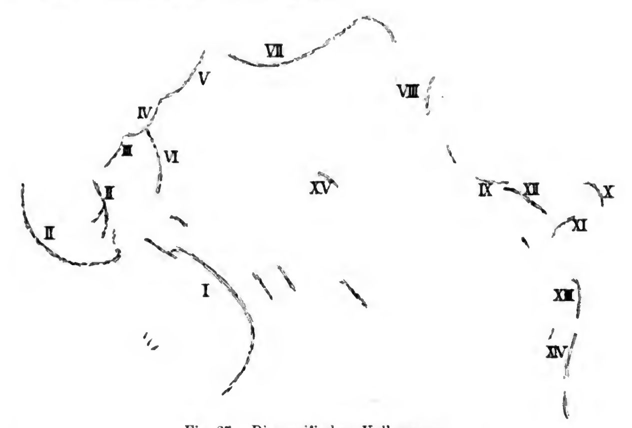


Fig. 27. Die pazifischen Vulkanzonen.
I die melanesische Z. II die indophyline Z. III—V die japanische Z. VI die Marianen-Z. VII die nordpazifische Z. VIII die Kaskaden-Z. IX—XI die mexantillandine Z. XII die mittelamerikanische Z. XIII die peru-boliviane Z. XIV die chilenisch-patagonische Z. XV Hawaii-Z.

Jenseits der großen Grabenbrüche, welche den Küstensaum Eurasiens und Australiens begleiten, taucht nur im Hawaiigebiet nochmals das vulkanische Phänomen auf. Es liegt auf der großen Bodenschwelle, welche sich nach kurzer Unterbrechung in dem großen pazifischen Becken verliert. Von ihm an steigt der Meeresboden gegen E. an. Nur gering sind im Vergleiche zu ihm die kleinen in der Osterschwelle eingelassenen Peruaner-Chilener Becken und der Atacamagraben. Trotz des nach E. ausholenden Anden-

[1]) Ebenda. III, I. S. 334.

bogens wird in der Hawaiizone die äußerste Grenze Eurasiens gegen Amerika zu suchen sein. Der vollständige Mangel vulkanischer Gebilde in dem östlichen stillen Meere deutet sehr darauf hin. Was vorhanden, liegt zu nahe dem neuen Festlande, als daß es nicht zu diesem gehörig betrachtet werden müßte.

Eine derartige Regelmäßigkeit und Gesetzmäßigkeit in der Anordnung und Verteilung des Vulkanismus läßt sich in der zerhorsteten atlantisch-indischen Erdhälfte zunächst nicht erkennen. Allein auch hier treten die großen Leitlinien in der Geographie der Vulkane hervor.

Wo die Maskarenen-Schwelle im Süden gegen das indische Becken abstößt, liegt das Vulkangebiet von Réunion und Mauritius. Gegen die Kerguelenmulde schieben sich die heute allerdings vollkommen verglommenen Kerguelen im E. und die Krozetinseln im W. Die Mozambique-Schwelle zeigt gegen Nord unweit des Abfalles zur Tiefe die Komoren und Madagaskar ist gleichfalls mit Feuerbergen an seiner Ostflanke bedacht, wenn ihre Tätigkeit auch nicht mehr in Ausbrüchen erkenntlich ist.

Die isolierten Vulkane, welche sich aus dem Kamerungebiet gegen SW. vorschieben, stehen mit Annobón aus, das hart an der Grenze zur südafrikanischen Mulde zur Entwicklung kam. Analog zu ihm stehen St. Helena, Ascension und die unterseeischen Ausbrüche, welche südwestlich von Afrika unter dem Äquator beobachtet werden konnten.

Am Westrande der Kontinentalstufe Westafrikas ragen die C. Verde-Inseln und die Canaren empor. Unweit von ersteren liegt die nordafrikanische Mulde. Zwischen der west- und ostatlantischen Mulde liegt das Azorenplateau mit seinen Essen ganz ähnlich wie Islands vulkanische Masse zwischen den atlantischen Tiefen und dem Nordmeerbecken liegt.

Insgesamt ist die Zahl der Feuerberge in dem atlantisch-indischen Horstgebiet gering. Aber in einem unterscheiden sie sich deutlich gegenüber dem pazifischen. Ihre geographische Verbreitung läßt keine Zonen erkennen und ausscheiden. Auf dieser Erdhälfte treten die Vulkane entweder als Einzelobjekte zur Erscheinung — dieser Fall zeichnet den südlichen Teil dieser Erdhälfte besonders aus — oder sie sind in Gruppen zusammengestellt. Auf den petrographischen Gegensatz ist oben hingewiesen.

Dieser tiefgreifende Unterschied in der geographischen Verbreitung der Vulkane der Erde ist durchaus beachtenswert. Nur zweimal tritt die zonenförmige Anordnung der Feuerberge auch auf der atlantisch-indischen Erdhälfte auf. Das eine Mal ist dies in den

Antillen, das andere Mal in Zentralafrika. Dem Aufbau des Geländes nach ist der Antillenbogen aber ein fremdes Stück in der Atlantis. Er gehört dem pazifischen Erdteil zu und zeigt auch die analogen Verhältnisse.

Auch in den Antillen liegen die Vulkane innig verbunden mit den morphologischen Großformen der Erdkruste. Sie bauten sich auf dem langen Rücken auf, der die Caribische See von dem Portorico-Graben scheidet. Es sind pazifische Verhältnisse und die tektonische Verwandtschaft mit asiatischen Erscheinungen wurde hervorgehoben.

Aber auch das zentralafrikanische Vulkangebiet ist keine Einheit. Es ist aufgelöst in einzelne Gruppen, von denen einzelne bereits völlig erloschen sind, wie die im Norden des Njassasee, wo der Rungwe mit 3175 m und der Kiejo mit 2300 m die Hauptausbruchszentren darstellen[1]).

Die zweite Gruppe, die größte und mächtigste, liegt um den Kilimandjaro, Meru, Kenia und Elgon und hat gegen Westen die Kirungagruppe, die noch tätig ist. Sie liegt mit anderen in dem zentralafrikanischen Graben. Durch sie ist eine zonenförmige Anordnung für diese Mittelgruppe gegeben. Das letzte Stück liegt in der Niederung von Afar. Hier tönt die Kraft aus. Zwar zahlreiche aber wenig bedeutende Berge werden aus diesem Gebiete berichtet. Sie laufen gegen die Küste aus und begleiten sporadisch das Gestade des roten Meeres.

Mit Aden, Perim beginnen die vulkanischen Baue in Arabien und auf seinem Boden setzen sie über Selur, Tair nach Norden fort und werden nach langer Unterbrechung abgelöst durch die Vulkane um Mekka, welche bis gegen Medina zu verfolgen sind. In der Nähe dieser Stadt, im Tale Sehadâ, sollen noch im 13. Jahrhundert bedeutende Eruptionen stattgehabt haben[2]). Die Lavafelder, welche in der Umgebung der Stadt auftreten[3]), tragen ein frisches Aussehen, ganz ähnlich dem von Haurân. Jedenfalls dürften diese Ergüsse und klasmatischen Ausbrüche über das Diluvium nicht hinausreichen.

Im Harrar Kheiber gelangen sie nochmals zu bedeutender Mächtigkeit, bauen den Dj. Auered zum großen Teil auf und finden sich erst wieder im Osten Syriens. Der Dj. Haurân und das Gebiet um Tulûl sind die größten.

Alle diese nördlich von Afar gelegenen Vulkanterritorien sind als erloschen anzusehen. Nur in der äquatorialen Zone zeigen einzelne Feuerberge Ausbrüche.

---

[1]) H. Simmer. Der aktive Vulkanismus. S. 107.

[2]) Landgrebe, G. Die Naturgeschichte der Vulkane. Gotha 1855. S. 221.

[3]) Fuchs, C. W. Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Leipzig 1865. S. 35.

Das ganze Vulkangebiet vom Njassasee bis gegen Syrien zeigt eine meridionale Richtung, die Vulkane als solche treten jedoch nur gruppenförmig in die Erscheinung, aber unschwer ist der Zusammenhang mit den großen tektonischen Leitlinien zu finden, der gerade diesen Teil Afrikas kennzeichnet[1]).

Diese afrikanisch-asiatische Vulkanzone hat kein Gegenstück auf der Erde. Hier summieren sich die Kräfte zu gigantischer Arbeit.

Die übrigen vulkanischen Baue sind einzeln versprengte Erscheinungen. Das weitaus größte ist das des Kamerungebietes, dessen schon gedacht wurde. Aus dem Tibestigebirge weiß Nachtigall von dem Vulkan Tarso mit seinem mächtigen kreisrunden Krater und seinen schwarzen Aschen zu berichten[2]). Die übrigen versprengten vulkanischen Bildungen Afrikas sind gering und längst erloschen, so daß sie für den rezenten Vulkanismus nur wenig in Betracht kommen.

An die pazifische Entwicklung gemahnen die Feuerberge Europas, deren Zahl zurzeit wesentlich geringer ist als noch im Diluvium. Das campanische Vulkangebiet schmiegt sich ebenso wie die Liparen enge an die Umrißgestaltung des Tyrrhenischen Beckens, der Ätna steht am Beginn der nach Osten verlaufenden orientalischen Mulde und dem candischen Graben liegen Aegina, Methana, Santorin gegenüber. Zwischen den letztgenannten liegt das erloschene Milos, das Sauvage im Jahre 1846 beschrieben hat und von dem er zeigte, daß es in zwei Eruptionsperioden geworden ist, in deren erster sich Trachyte ergossen, in deren zweiter aber Bimssteine und Tuffe erfolgten[3]).

Über Nisyros streichen die griechischen Vulkane nach Kleinasien zu dem größten Vulkangebiet der alten Welt: Armenien[4]). Es ist heute verloschen.

Diese europäischen und westasiatischen Verhältnisse sind ein schwacher Abglanz gegenüber den pazifischen Zonen. Aber zwischen beiden herrschen große Ähnlichkeiten. Der Ätna und die griechischen Feuerberge sind ebenso an den Außenrand gegen die nahen Tiefen geschoben wie die kleineren Liparen und campanischen Essen am Innenrande des Gebirgsbogens liegen. Sie wiederholen im kleinen die Gebilde der indophilinen Zone. Es sind die Gegenstücke zu den kleinen Sundavulkanen Roma, Nila, Manoek und Api, welche aus der Bandasee auftauchen.

Alle Vulkane der Erde, sowohl die tätigen als auch die erloschenen,

[1]) Sueß, E. Denkschr. d. Ak. d. Wiss. Math.-naturw. Kl. 58. Bd. Wien 1891.
[2]) Nachtigall, Sahara und Sudan I. 304.
[3]) Annal. des Min. X. 1846. S. 69—100.
[4]) Frech, F. N. Jb. f. Min. 1910.

lassen sonach erkennen, daß ihre topographische Lage mit den Großformen der Erde in einer nahen Wechselbeziehung stehen.

Noch in einem zeigt die Verbreitung des vulkanischen Phänomens besondere Eigentümlichkeiten. An der asiatischen Küste, deren weiteste Außenseiter Hawaii-, Samoa-, Gesellschafts-, Tubuai-Inseln und die Marquesas sind, tritt der Vulkanismus vielfach noch in der älteren Form auf (rheumatitisch) und strebt außerdem gegen den Außenrand der Inselgürtel. Dieser zeigt das Phänomen der positiven Strandverschiebung, während die Innenseite vielfach das Gegenteil erkennen läßt.

Auf der amerikanischen Seite ist der Vulkanismus nicht allzu überzählig und tritt auch ziemlich weit weg von aufsteigenden Küste. Die aufsteigenden Gestade des indischen Ozeans sind durch Vulkane nicht besonders ausgezeichnet. Das gleiche zeigt die atlantische Zone überhaupt. Doch ist gerade hier Island in aufsteigender Bewegung. Die weitaus meisten Essen stehen somit in Gebieten, welche Senkungserscheinungen erkennen lassen, geringere Zahlen finden sich für die Gegenden der Hebungsgebiete. Doch ist trotzdem ein allgemeines Gesetz nicht festzulegen. Es ist sonach ein Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen zunächst nicht zu erkennen.

Ganz anders steht es zwischen der geographischen Verbreitung der Erdbebengebiete der Erde und den Vulkanen.

Hier decken sich die Gesetze der geographischen Verbreitung völlig und nur die äußeren Erscheinungsweisen beider Phänomene lassen Unterschiede aufkommen.

Für die Erdbeben ergeben sich folgende Hauptgesetze in der Verbreitung:

1. Die eigentlichen Erdbeben (tektonische Beben) sind an die großen Dislokationsgebiete der Erde geknüpft und finden sich mit den Großformen des Planeten vergesellschaftet.

2. Die eigentlichen Herdgebiete kommen dort zu liegen, wo die Streichungsrichtung der Gebirge eine andere wird. Das Schüttergebiet erstreckt sich auf eine relativ schmale Zone. In den Küstengebieten wird der Kontinentalblock mehr betroffen als das trockene Land.

3. Sie liegen gerade da, wo die Kontinentaltafel nur in geringer Breite entwickelt ist, die Böschungsverhältnisse zwischen Festland und Meeresgrund infolgedessen größere sind.

4. Die Bebengebiete gehen über den 60.° n. und s. Breite nicht hinaus. Ihre eigentliche Heimat liegt am Äquator innerhalb der 30° Zonen.

5. Die Bebengebiete ordnen sich auf zwei große Meridionalzonen, welche sich unter 90° schneiden.

6. Die Stoßlinien der Einzelterritorien schneiden die Meridianlinie unter einem Winkel.

Dieses grundsätzliche Zusammenfallen zweier scheinbar entgegengesetzter Kräfte ist auffallend genug, wenn auch der Zusammenhang noch nicht aufgehellt ist. Immerhin aber dürfte es noch gelingen, den „common origin", von dem schon Ch. Lyell sprach, aufzudecken[1]).

Zwei so verschiedene Kraftäußerungen, die tangentiale Erdbeben- und die zentrifugale Vulkankraft, begegnen sich in der gleichen Zone hart nebeneinander oder kreuzen sich. So innig gesellt beide Erscheinungen auftreten, so hindern sie sich doch gegenseitig an der Entfaltung.

Die Erdbebenwellen werden von den vulkanischen Gebilden abgestoßen, sie bilden gleichsam Inseln in der aufgeregten Erdscholle, in die die Bewegung nicht fortgeleitet wird. Infolgedessen sind Vulkane Schutzposten gegen Zerstörung, sobald sie einmal erloschene Gebilde sind[2]).

Nach diesem allgemeinen Überblick sollen nunmehr die Einzelterritorien eine eingehende Behandlung finden, ehe zu den kosmischen Gesetzen der Verbreitung des Phänomens übergegangen werden kann.

Die pazifischen Vulkanzonen.

Die melanesische Zone.

Dem australischen Festlande liegt im E. die bis an 6000 m tiefe australische Bucht vor. Ein breiter Rücken, der aus der Südsee kommt und in Neuseeland über die ozeanischen Wässer auftaucht, trennt sie von den großen Tiefen des pazifischen Beckens. Dieser neuseeländische Rücken teilt sich in NE. zu N. Nach kurzem Widerlauf verläuft der äußere Rücken in NW. Dieser Teil ist nicht einheitlich, sondern durch breite Passagen in selbständige kurze Stücke zerlegt. Tongarücken, Fidschi- und Hebridenrücken hat A. Supan[3]) diese einzelnen Stücke nach den aufragenden Inselgruppen bezeichnet, welche den oberflächlichen Verlauf verraten. Der Salomonen-Bismarckrücken setzt ihre Richtung nach NW. gegen Neupommern und Neuguinea fort.

Während Korallen-, Hebriden- und Fidschibecken an der Innenseite dieses Rückens noch nicht bis 5000 m reichen, liegen am Außenrande der schmale Kermandec- und Tongagraben. 5300 m

[1]) Lyell, Ch. Principles of geology. London 1872. I. Bd. S. 578. II. Bd. 242.

[2]) Schneider, K. Z. Gesch. u. Theorie d. Vulkanismus. Prag 1908. S. 80ff. — Über neue geotektonische Untersuchungen. „Gaea". 1909. Heft 10.

[3]) Supan, A. Die Bodenformen d. Weltmeeres. P. M. 45. Bd. 1899. S. 1.

ist die mittlere Tiefe, 9427 m die größte Lotung. Keine Abstufung, unmittelbar nebeneinander liegen beide, die Tiefe und der Rücken.

Dem westlichsten Stück liegt die neupommersche Schwelle vor. Auf ihr stehen einzelne höher aufragende Rindenstücke, welche den Küstenlauf des westlichen Bogenstückes wiederholen. Sie werden von dem bis 8000 m herabreichenden Karolinengraben abgelöst.

Auf diesem aufragenden Krustenstücke, das da inmitten der tiefen Graben und Meeresbecken liegt, sind innerhalb einer relativ schmalen Zone von 300 km Breite und 7800 km Länge eine ganze Reihe von Vulkanbergen seit dem Tertiär aufgeführt worden. Dieser melanesische Vulkanbogen setzt mit Campbell- und Auckland-Island ein und zieht bis zu den Admiralitätsinseln.

Innerhalb dieser Zone wandert der aktive Vulkanismus von Süd gegen Norden und hat gerade dort seine größte Entfaltung, wo er aus der Süd-Nord- zur Ost-West-Richtung umschwenkt.

Hier liegen dem melanesischen Vulkanbogen, der über die Neuen Hebriden zu den Salomonen übergeht, zunächst das Ausbruchsgebiet der Tonga-Fidschigruppe und noch weiter gegen den Außenrand das tätige Samoagebiet von 500 km Länge gegenüber.

Wie auf der Hauptzone von Süd-Nord, so wandert in dieser Nebenzone der aktive Vulkanismus von E.-W. Auf Manua und Tutuila erkennt man kaum noch die ehemals vorhandenen Kraterformen. Tiefgründig ist das basaltische Gestein zersetzt. Auf der Ostseite von Upolu sind die Trümmerreste alter Krater erkennbar, deutlicher werden sie in der Mitte der Insel, an der Westseite zeigen sich Vulkane von der größten Regelmäßigkeit.

Sawaii selbst repräsentiert das Gegenstück zu Hawaii, nur, daß es der morphologischen Gestaltung nach zu urteilen, für die Wegeners Karte eine gute Übersicht bietet, aus einem einheitlichen Baue hervorgegangen ist, während Hawaii (S. 104f.) aus mehreren Stücken zusammengeschweißt worden ist.

Auch Sawaii bildet eine gewaltige Aspite, welche mit ihrem obersten Teil bei 75 km in der Länge und 44 km in der Breite aus dem Meere aufragt und bis an 1600 m ansteigt. Nicht nur der eigentliche Gipfel der Insel, der Teelani, sondern rings um diesen und dann in einer Hauptlinie. die von SE. im flachen nordgerichteten Bogen gegen W. verläuft, stehen quer über der Insel deutliche, aus klasmatischem Materiale gefügte Homaten. Sie sind „warzenförmig“ an den Flanken und dem Gipfel als jüngste Bildungen auf der vorwiegend rheumatitisch gefügten Aspite aus klasmatischem Material aufgebaut.

Jede einzelne Homate kennzeichnet den Ausbruchspunkt einer

vorübergehenden Eruption. Gegen Süden und Südosten laufen tiefgründige Täler, darauf hinweisend, daß in dieser Gegend doch wohl schon seit längerem keine Störung erfolgt ist.

In der Gegenwart ist der einzig tätige Punkt der Matavanu, der von 1905—1909 durch seine leichtflüssigen rheumatitischen Förderungen ausgezeichnet war. Die Masse ist noch mit keinem Näherungswert festgesetzt worden, aber bedeutend ist sie jedenfalls. Verschwindend im Vergleich zu den Ergüssen sind die klasmatischen Produkte, welche gefördert wurden. Die Geschichte dieses Ausbruches, die Sapper gab, die sonstigen Abbildungen und Einzelbeschreibungen sind ein Beispiel für einen echten rheumatitischen Ausbruch in der Gegenwart. Trotzdem auch Klasmatika zur Erscheinung traten, trotzdem durch sie eine Homate gefügt wurde, so treten die Lockermassen doch völlig zurück gegen die Rheumatitika[1]). Dieses Beispiel zeigt, wie der Begriff klasmatischer oder rheumatitischer Ausbruch zu verstehen und aufzufassen ist.

Der Matavanu lehrt, daß das Hervorstechende in der Erscheinungsform des Ausbruches maßgebend sein muß für die Klassifizierung und Charakteristik eines Feuerberges. Der Matavanu mit seinen dünnflüssigen Laven und seinen geringen Lockerprodukten ist neben dem Mauna loa der einzige Vertreter der ersten Phase vulkanischer Bildungen in der Gegenwart. Alle anderen Feuerberge zeigen die poröse, zähflüssige Lava, lassen die Klasmatika in den Vordergrund treten oder haben überhaupt nur diese Förderungsart. Ein Feuerberg, dessen rheumatitisches Material kaum ein Zehntel der Klasmatika ausmacht (Vesuv), ist der Vertreter der zweiten fortgeschrittenen Phase. In dieser zweiten Phase befinden sich die Feuerberge der Gegenwart, soweit sie überhaupt „tätig“ sind. Das Beispiel des Matavanu zeigt, wie die Entwicklungsgeschichte des Vulkanismus seit dem Tertiär zu verstehen und zu beurteilen ist. Es zeigt, daß dieses erste jugendliche Stadium noch weit hineinreichen kann in das zweite klasmatische, ebenso wie dieses in das pneumatitische dritte. In der Entwicklungsgeschichte des Vulkanismus seit dem Tertiär bis zur Gegenwart ist das Absterben und Verschieben der Förderungsart und damit die Änderung des Baustils vulkanischer Gebilde festzulegen und nachzuweisen. Die Relikte aus der frühesten Periode sind selten geworden, sie sind durch zahlreiche Baue gekennzeichnet. Selten aber treten sie tätig in der Gegenwart in die Erscheinung.

---

[1]) Wegener, G. Z. d. G. f. E. Berlin 1902. S. 417. — Peterm. Mitt. Jahrg. 1910. Karte in 1 : 150000. — Jensen, H. The geology of Samoa. Proc. Lin. Soc. of N. S. Wales. Jg. 1906. — Sapper, K. Der Matavanuausbruch auf Sawaii 1905/06. — Neuere Mitteilungen über den Matavanuausbruch auf Sawaii. Z. d. G. f. E. Berlin Jahrg. 1906. S. 686—709 und Jahrg. 1909. S. 501—539.

Der Matavanu liegt an der Nordseite der Insel. Auf dieser ist die vulkanische Tätigkeit allem Anschein nach besonders hervortretend. Wenigstens stehen neben den Ergüssen des genannten Berges diejenigen, welche mit wohl noch größerem Rauminhalt der Manga Afi von sich gegeben hat. Auf der Südseite sind dagegen eine Reihe deutlicher Wasserrinnen. Tief in die Flanken gerissen, deuten sie auf lange ungestörte Arbeit.

In dem Samoabogen wandert die Ausbruchsstelle somit von SE. nach NW. In der Hawaiizone, welche in einem anderen Zusammenhange oben behandelt wurde, von NW.—SE. Beide haben durch ihre rheumatitische Förderung eine besondere Ausnahmestellung, beide sind durch die basaltischen Förderungsprodukte gewissermaßen Ausnahmen im Pazifik, beide vertreten durch ihre aspitische Form eine Bildungszeit, welche gleichsam für die Gegenwart unmodern ist. Beide Zonen sind die am weitesten gegen den Ozean hinausdrängenden Bogen, jenseits derer der Vulkanismus auf weite Flächen hin aussetzt.

So klein das Samoaner Stück ist, das den melanesischen Bogen als Außenseiter begleitet, so wichtig ist es für die Geschichte und das Studium des Vulkanismus überhaupt. Die topographische Unterlage hat Wegener gegeben. Der dichte Urwald wird nicht Hindernis sein dürfen, die geologischen Details festzulegen, und die einzelnen Ausbrüche zu beobachten und zu beschreiben.

Abgesprengt von dem melanesischen Vulkanbogen ist die Gruppe der Gesellschafts- und Tubuaiinseln, welche mitten im Ozean auf einem schmalen Rücken über der pazifischen Schwelle aufgeführt sind und mittendrin stehen zwischen der melanesischen Zone und der von Peru-Bolivien. Von ihnen sind keine Ausbrüche aus historischer Zeit bekannt.

Steht dem Mittelstück des melanesischen Vulkanbogens der kleine Samoabogen als letzter Begleiter am Außenrand gegenüber, so begleiten das westliche Ende in weitem Abstande die drei Feuerberge Truk, Ponapé und Kusaie auf den Karolinen. Von ihnen sind aus historischer Zeit gleichfalls keine Ausbrüche bislang notiert worden.

Was innerhalb dieses melanesischen Bogens unter den Wogen des Ozeans verborgen ist, entzieht sich der Beurteilung, aber mehr als lokales Interesse haben jene Homaten, welche am Rande Australiens zur Erscheinung traten und deren Lockerprodukte die Reste von Dingo[1]) bedecken. Heute sind sie als erloschen zu betrachten. Daß auch ältere rheumatitische Massen nördlich davon auftreten, welche bis ins Miozän hinaufreichen, verdient Beachtung. Durch sie bekommt die Hauptzone

[1]) Wood. Geol. Observ. in South Australia. London 1862. S. 224.

eine innere Begleitung. Die Tätigkeit in der Hauptzone ist eine geringe (Fig. 28). Nur 21 Essen haben in historischer Zeit Ausbrüche gehabt. Um so bedeutender war sie im Tertiär und nahm von da ab immer mehr ab. Ihr Hauptgebiet lag im Süden auf Neuseeland.

Auf der Südinsel ist zurzeit kein einziger Vulkan mehr tätig. Das einzige jüngere Vorkommen verrät die Bankshalbinsel. 918 m Meereshöhe erreichen hier die vulkanischen Massen, dabei ein Areal bedeckend, das in seiner Längserstreckung 53 km, in der Breite 35 km mißt. In seiner Hauptmasse ist es ein Werk aus dem Beginn des Tertiär und Haast, der dieses Gebiet von Akaroa beschrieben hat, zeigte, daß es „aus einer Anzahl gedrängt neben- und übereinander gestellter Kratere von verschiedenem Alter besteht.“ [1]).

Anders die Nordinsel. Ihre Erschließung ist von Hochstetter zu danken[2]), der nachwies, daß vom Tertiär bis zur Gegenwart „der Boden zwischen den südöstlichen Gebirgsketten und der nordwestlichsten Landspitze unter dem Einflusse vulkanisch-eruptiver Kräfte gestanden“. Heute sind von allen den zahlreichen Ausbruchsstellen nur noch das Gebiet von Tongariro und White Island tätig.

In vier Gruppen lassen sich die Vulkane der Nordinsel Neuseelands teilen. Es sind das

1. Die Taupozone.
2. Das Taranakigebiet.
3. Die Aucklandzone.
4. Die Inselbayzone.

Von diesen sind die beiden ersten die ältesten, die anderen die wesentlich jüngeren Gebilde.

Das weitaus größte Gebiet ist das erstgenannte um den 363 m hoch gelegenen Tauposee. Im E. davon zieht die aus paläozoischen Schiefern, denen triadische und cretacische Ablagerungen angelagert sind, bestehende Ruahine und Tewhaitikette hin. Eine weite Hochfläche trennt sie vom 2520 m hohen Mt. Egmont, der zugleich mit dem Ruapehu im Pliozän aufgeschüttet wurde.

Mit ihm beginnt die Tätigkeit der Taupozone um den Tarawera und Rotorua, welche bis in die Gegenwart tätig ist. Diese ist äußerst kompliziert. Gerade die höchsten Bildungen sind heute noch durch ihre Ausbrüche bekannt. Es sind dies der genannte Ruapehu (2803 m), Ngauruhoe (2280 m) und Tongariro (1891 m). Sie liegen südlich des Tauposees und erheben sich über einer gemeinsam mählich aufgeschütteten Hochebene von rund 650 m mittlerer Höhe.

[1]) Sueß, E. Antlitz d. Erde. II. Bd. S. 184. — Über die folgenden Kartenskizzen und deren Verwendung siehe die Einleitung des folgenden Kapitels.

[2]) Geologie von Neuseeland. Novaraexpedition. Geol. Teil. I. Bd. 1. Abt.

Fig. 28. Die tätigen Vulkane der melanesischen Inselgruppe. Maßstab: 1 : 30 000 000.

Ihre ausgezeichnete Konidenform, welche im übrigen auch den Mt. Egmont besonders charakterisiert, deutet darauf hin, daß klasmatische Massen am meisten mit am Aufbau beteiligt sind. Teilweise an ihrer Basis, meist aber selbständig aufgeführt, sind in ihrer nächsten und weiteren Umgebung zahlreiche, heute völlig erloschene Berge, wie der Pihango, Kakaramea, Kuhuara, Pukekaikiore, Rangitukua u. a. Unter ihnen ist der erstgenannte mit 1260 m der höchste Berg.

Unter den drei Hauptbergen der Taupozone birgt der Ruapehu einen See in seinem Krater, dessen Wasser durch Solfataren warm gehalten wird, so daß der Wasserspiegel frei von Eis ist, während die Kraterwände selbst ständig Eis und Schnee tragen. Als im Jahre 1891 H. Hill[1]) diesen See besuchte — fünf Jahre nach dem Ausbruche — war der See noch in ständiger Wallung. 1897 bemerkte Friedländer[2]) diese Wallung nicht mehr.

In dem Taupogebiete treten zahlreiche pneumatitische Ausbrüche auf, welche das ganze vulkanische Gebiet gegen Norden fortsetzen, das durch den plötzlichen klasmatischen Ausbruch des Tarawera hinübergeleitet zu den beiden letzten Ausbruchspunkten White island, das noch tätig ist, und Major island (Tukua), das NW. von letzterer Insel als erloschen angesehen wird.

Diese im Pleistozän entstandenen Ausbruchsstellen sind gleichalterig mit den Durchbrüchen um Auckland, deren Zahl v. Hochstetter mit 63 angibt und deren Höhe zwischen 100—200 m schwankt. Der höchste unter ihnen ist der schon oben genannte Rangitoto mit 270 m. Er bedeckt eine Fläche von 7—8 km im Durchmesser[3]) und steigt mit einer Neigung von 8° an. Seine Geschichte ist früher gegeben worden.

Zeigt schon die Nordinsel Neuseelands eine jüngere Entfaltung als die Südinsel, so betritt man junges Gebiet, je weiter man gegen den Äquator vordringt. Zunächst setzt die Hauptzone aus. Nur die erloschenen Berge von Kermadec und Sonntaginsel deuten den nördlichen Verlauf oberflächlich an. Danach setzt die äußere Nebenzone mit den Tongainseln ein, auf denen nach den Darstellungen J. Listers nur wenige tätige Essen vorhanden sind[4]) (Fig. 29).

Ihnen sind gegen E. zunächst einige ältere Feuerberge vorgelagert, auf denen jüngere Korallenbänke sich angesiedelt haben, welche ihrerseits

[1]) Hill, K. Ruapehu. Transact. of the N. Zealand-Inst. Jg. 1891.

[2]) Some notes on the volcanoes on the Taupodistrikt. Ebenda 1898. Zeitungsmeldungen zufolge ist vor kurzem daselbst ein Ausbruch stattgehabt. Genaueres ist nicht bekannt geworden.

[3]) Großer, P. V. d. naturhist. V. Bonn 1904. S. 40.

[4]) Notes on the geology of the Tonga islands. Quart. journ. geol. soc. London 1891. S. 590 ff.

wieder mitsamt den darüber gefallenen klasmatischen Produkten eine Hebung erfahren haben. Diese heute als erloschen anzusehenden Inseln liegen hart nebeneinander im südlichen Teil der Inselgruppe. Kelefasia, Tonumeia, Mango, Tofua, Nomuka, Mataku und Kotu gehören dazu. Sie werden im Osten von einer Reihe zahlreicher echter Koralleninseln begleitet, von denen Tongatabu und Vavau die größten sind. Die nordwestlich von Tongatabu und westlich von Kelefasia und Tonumeia gelegenen kleinen Eilande Honga hapai und Honga tonga werden als Trümmer eines alten Vulkans angesehen. Nur Falcon Island liegt in der Nähe dieser alten erloschenen Berge. 1877 wurde auf dieser Insel Rauch beobachtet, 1885 fand ein Ausbruch statt, der noch im folgenden Jahr anhielt. Da der Berg ganz aus Asche bestand, war er bald ein Spiel der ozeanischen Wellen.

Die Reihe der jüngsten Feuerberge setzt in der Höhe von Kotu mit Tofua ein und geht über Kao, der etwas über 500 m hohen Vulkaninsel, Metis, Lette nach Amargura. Alle diese Inseln zeigen reine

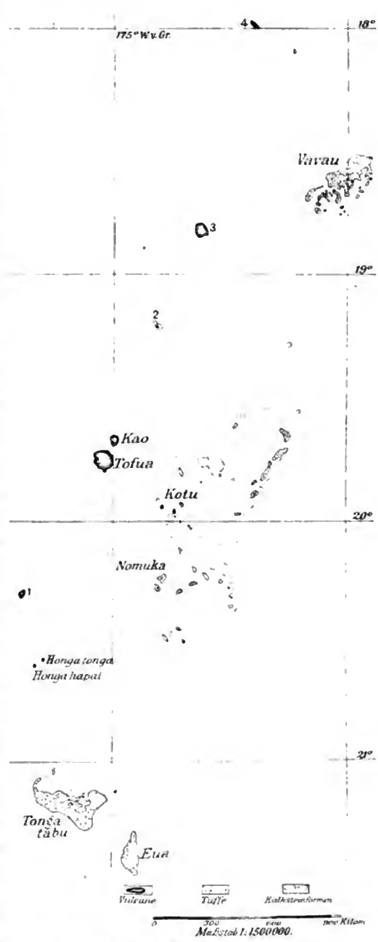


Fig. 29. Übersicht der Tongagruppe.

Koniden. Die Lava ist äußerst zellig und erst von der schon unterhalb der Tongagruppe gelegenen Insel Niuafou (Goodhope Island) wird schwarzer Lavafels beschrieben.

Aus den Schilderungen, welche über die Ausbrüche bekannt sind, geht hervor, daß die klasmatischen Produkte im Vordergrunde stehen und daß Explosionsausbrüche keine seltene Erscheinung sind. Ein solcher fand unter anderem im Jahre 1847 auf Amargura statt, wobei die Asche in mehr als 110 km in großen Mengen auf in NE. vorbeisegelnde Schiffe niederfiel. 1897 hat Friedländer den Berg noch rauchend gesehen, so daß der Vulkan, der am nördlichsten gelegen ist, als der tätigste anzusprechen sein wird.

Zwischen der Tongagruppe und der Taupozone ist ein geotektonischer Zusammenhang auf Grund der Morphologie des Meeresbodens zu vermuten.. Smith ging soweit aus dem stärkeren Auftreten des Geysirphänomens und den verwandten Erscheinungen innerhalb der Taupozone im Oktober 1885 und der gleichzeitigen Tätigkeit auf der Falkeninsel einen inneren Zusammenhang abzuleiten[1]). Auffallend bleibt jedenfalls, die gleichzeitige Ausbruchszeit von Ninafou, Amargura, Metis, Tarawera im Jahre 1886, denen die der Falconisland kurz voranging und noch im gleichen Jahre nachhielt. Sie liegen alle in meridionaler Richtung auf dem gleichen Rücken.

Der Bogen der melanesischen Vulkanzone streicht in NW. zu den Hebriden, welche aus einer Anzahl von kleinen kreisrunden Vulkaninseln und mehr dem Innenrande zu gelegenen langgestreckten Inseln zusammengesetzt sind. Zu letzteren gehören Malikolo und Merena. Aller Vermutung nach sind es mesozoische Schichten, welche sich an ihrem Aufbau beteiligen, wenigstens sind es diese Ablagerungen, welche die südlich gelegenen Eilande Eromanga und Efat zusammensetzen[2]). Von den kleinen Vulkaninseln sind zahlreiche Ausbrüche bekannt. Sie sind alle insgesamt nur wenig hoch. Die tätigste ist die Insel Tauna, die einen 142 m hohen Feuerberg beherbergt, der nach Cook-Forsters Mitteilungen im August 1774 einen heftigen klasmatischen Ausbruch hatte Seitdem hatte der Feuerberg deutliche Zeichen seiner Natur im 19. Jahrhundert wiederholt gegeben. Alle zeichneten sich durch ihre heftige klasmatische Form aus, ebenso wie die anderen Vulkane, welche den Neuhebriden zuzuzählen sind, wie Api, Lopevi und die am weitesten nach NW. gelegene Vanualava auf Bancks island[3]).

---

[1]) Geol. notes on the Kermandec group. Transact. of N. Zealand. XX Vol. S. 333. Diese Behauptung dürfte doch etwas zu weit gegangen sein.

[2]) Berghaus, Physik. Atlas. Abt. I. Nr. 15.

[3]) Mercalli, G. I vulcani attivi . . . S. 335.

Der Tinakura auf Kg. Charlotteninsel vermittelt den Zusammenhang mit den zum großen Teil erloschenen Salomonen, bei denen sich die Tätigkeit auf den Innenrand und die nordwestliche Spitze zurückgezogen hat. Sie sind durchwegs vulkanischer Natur. Allerdings sind die südlichen Inseln S. Christobal, Malaita und Guadalcanar aus alten Eruptivgesteinen zusammengesetzt, unter denen Diorit und Gabbro besonders hervorgehoben werden, allerdings werden auf der letztgenannten Insel Kegelberge erwähnt, welche auf eine jüngere Entstehungszeit hindeuten würden, allein die mangelnden Beobachtungen lassen einen endgültigen Schluß nicht zu. Auch auf S. Christobal werden einzelne 930—1240 m hohe Kegelberge erwähnt[1]).

Von den 22 Feuerbergen, welche mit ihren Namen bekannt sind, ist eigentlich doch nur der Bagana auf Bougainville in historisch bekannter Zeit tätig gewesen. Seine Höhe beträgt 3012 m, seine Form ist die der Konide. Sein Bau deutet auf ein rheuklastisches Gefüge, wenigstens berichtet Ribbe von Lavaströmen und Aschenanhäufungen aus jüngerer Zeit[2]).

Völlig jungvulkanischer Natur ist der am Innenrande gelegene Neu Georgia Archipel. Hammer hat auf Grund der Nachrichten, welche Woodford, Ribbe, Sommerville, Tilly und Guppy brachten eine kurze Übersicht darüber zu geben versucht, aus der hervorgeht, daß die weitaus größte Tätigkeit Simbo island zeigt. Aber in dem ganzen Archipel hat der Vulkanismus nachgelassen und die vorhandenen Homaten sind vielfach zerstört und in ihren Konturen verwischt.

Umso lebhafter und großartiger werden die vulkanischen Kraftäußerungen in dem letzten Stück des melanesischen Vulkanbogens: im Bismarckarchipel. Hier schwenkt zunächst in Neupommern die Streichungsrichtung des Bogens aus Nordost gegen Südwest, um von der Admiralitätshalbinsel wieder in die alte Richtung nach Nordwest umzubiegen. Gerade in den beiden Bogenstücken herrscht eine große Agilität der juvenilen Kraft. Gerade hier entwickeln sich einmal in dem Gebiet der Blanchebay und dann um Rook- und Ritterinsel besonders starke Ausbrüche. Der Ausbruch von 1888, der auf der letztgenannten Insel in diesem Jahre zu verzeichnen ist, wird mit dem des Krakatoa in Parallele gestellt[3]).

Alle übrigen der Küste Neuguineas vorgelagerten Inseln sind mit Ausnahme von Dampier und Hansainsel vielfach mit Vegetation

[1]) Hammer, K. Die geographische Verbreitung der vulkanischen Gebilde und Erscheinungen im Bismarckarchipel und auf den Salomonen. Gießen 1907. S. 54f.

[2]) Ribbe, R. Zwei Jahre unter den Kannibalen der Salomoinsel. Dresden 1903. S. 217.

[3]) Hammer a. a. O. S. 19.

dicht bedeckt und durch die destruktiven Kräfte aufgelöst und zerstört. Während die Hansainsel aus ihrem Schoße neben klasmatischen Produkten auch rheumatitische fördert, zeigt die Eruptionsgeschichte der ersteren Insel vorwiegend klasmatische Massen, welche vielfach durch ihre Verbreitung Verderben der Umgebung brachten[1]).

Auf Neupommern stehen die vulkanischen Gebilde, soweit bis heute bekannt ist, durchwegs gegen die NW.-Küste vorgerückt. Alle scheinen dem Erlöschen anheimgefallen zu sein und nur an der NE.-Spitze auf der Gazellenhalbinsel sind jüngere Regungen zu verzeichnen. In diesem Teil stehen eine Reihe von Feuerbergen im Bogen geordnet neben oder auch aufeinander gestützt. Steil fällt von der Westküste die Bimsteinwand ein. Die kreisförmige Gestaltung der ganzen Bucht, der Steilabfall im West und das flache Abfallen gegen das Umland lassen die ganze Bucht als eine vulkanische Bildung erkennen, an deren Rand die heutigen Berge Nordtochter, Mutter und Südtochter gleichsam aufsitzen, während Balanakaja und Tabúrbur eingeschachtelt wurden. Die Bemerkung von Graf v. Pfeil, daß diese Vulkane vorwiegend klasmatisches Material ausgeworfen haben, „das sich in ungeheurer Mächtigkeit rings umher lagerte“, wurde von K. Sapper[2]) bestätigt. Es ist dies umso beachtenswerter, als die älteren Bildungen nach den Beobachtungen aus rheumatitischen Trachytmassen bestanden haben.

Die indophiline Vulkanzone.

Agomes, von dem Thilenius berichtet[3]), ist der letzte dazu etwas unsichere Vulkanberg der melanesischen Zone im NW. Die versprengten Außenseiter Rook, Ponapé, Kusaie in der Gruppe der Karolinen finden nach Westen gleichfalls keine Fortsetzung. Diese würde auf die Straße von Almahera hinweisen, d. i. gerade dorthin, wo die indophiline Zone eine starke Einknickung und Unterbrechung erfährt. Sie ist 8400 km lang und in ihrer größten Ausdehnung 300 km breit (Fig. 30).

Sie besteht aus zwei scharf getrennten Stücken und nur der geotektonische Zusammenhang läßt die Zusammenfassung beider Stücke in eines zu. Dazu kommt, daß in der ganzen Zone, soweit dies ersichtlich ist, der Vulkanismus eine gleiche Geschichte zeitigte. Während das

---

[1]) Peterm. Mitt. 1896. S. 195.

[2]) Pfeil, v. Studien und Beobachtungen aus der Südsee. Braunschweig 1899. S. 181. — Sapper, K. Beiträge zur Kenntnis Neupommerns und Kaiser-Wilhelm-Landes. Peterm. Mitt. Jg. 1910. S. 189 f.

[3]) Globus. Jg. 1900. S. 201 f.

philine nördliche Stück einen ziemlich komplizierten Bau und Verlauf hat, ist das südliche indische Stück nicht nur das vulkanreichere und bedeutendere, sondern auch das im Vergleich zu ersterem einfacher gebaute.

Die Vulkanruine Narcondam und das tätige Barren island unter 12° 17′ n. Br. und 93° 54′ ö. L. v. Gr. sind die ersten sichtbaren Zeichen. Sie werden bald häufiger auf Sumatra, erreichen das Maximum der Entfaltung auf Java und ziehen sich bis Alor. Diesem Bogenstück

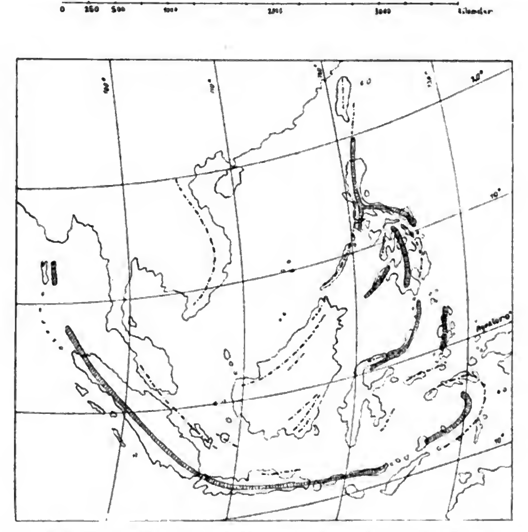


Fig. 30. Die indophiline Vulkanzone. Maßstab: 1 : 50000000.

liegen nur im westlichen Teile die Mentawi-Inseln vor. Gegen den Außenrand stehen die jüngsten Feuerberge. Jenseits von Alor über Ombaai und Wetar setzt der weitere Verlauf wieder ein. Wesentlich schwächer und seltener, zugleich auch geringer sind die Baue. Wichmann[1]), Kotô[2]), Verbeek[3]) u. a. haben diesen östlichen Teil des

[1]) Tydschrift v. d. kon. Nederl. aardrykskundig Genootschap. Leiden 1899.
[2]) Journal of the college of science. Tokio 1899.
[3]) Description géologique de Java et Madoura. Karte.

indischen Stückes analysiert und gezeigt, daß nur die innersten Inseln vulkanisch sind. Nur Roma, Damar, Teoen, Nila, Seroea, Manoek und Bandainseln beherbergen Essen und nur noch Amboina kann durch den aus jungvulkanischem Gestein zusammengefügten zweigipfeligen Waidaui mit einbezogen werden.

Diesen inneren Bogen umfängt ein sedimentärer äußerer, der von Rotti über Timor, die Babarinseln nach Ceram und Boeroe reicht und in dem nur zwei Vulkane bislang nachgewiesen werden konnten. Groß Obi, Misol, Neuguinea, Aroeinseln und Nord-Australien stellen einen letzten äußeren Bogen vor. Das flache Meer, das zwischen diesen letzten Stücken flutet, hat keinerlei vulkanische Bildungen werden lassen, während die innerste Zone, die den Bandakessel als erste umfängt, selbst noch in historischer Zeit tätig war.

Der Bandabogen, wie dieses östliche Stück des indischen Bogens auch genannt wird, schwenkt nach Süden und setzt aus. Aber zwischen der Molukken-, Celébes- und Sulusee heben sich von den niedrigen Schwellen eine Reihe von vulkanischen Zonen. Halmaheras Vulkane setzen als die östlichsten ein. Von dem Nordarm von Celébes, an dessen Nordende der 2030 m hohe Klabat steht, weithin „die Landmarke der Seefahrer" bildet und von dem Sarasin annahm[1]), daß er der Insel Celébes den Namen gab, geht die mittlere Sangireihe, die nach Westen zu von der austönenden Sulureihe abgelöst wird. Die Palawankette hat nur wenige Vulkane. Je weiter man hier nach E. fortschreitet, umso mächtiger steigen die Vulkane auf.

In den Philippinen scharen sich diese Züge und treffen sich im mittleren Teile, um vereint in SN.-Richtung weiter gegen Norden über Babuyan gegen Formosa zu ziehen, wie schon v. Drasche vor langer Zeit angedeutet hat[2]). Wo diese einzelnen Vulkanreihen zusammentreffen, hat sich eines der größten Vulkangebiete der Philippinen entwickelt: der Vulkan Taal mit seiner weiten Umgebung.

Innerhalb dieser ganzen indophilinen Zone hat der Vulkanismus eine gleiche Entwicklung durchlaufen. Beginnt er im indischen Teile auch bereits in der oberen Kreide, so ist die Haupttätigkeit in dem ganzen Stück doch erst im Miozän und reicht mit abnehmender Kraft bis in die Gegenwart. Allerdings trat speziell in Java, wie Verbeek zeigte, die Hauptaktion erst im eigentlichen Pleistozän ein. Hier sind die großen Kegelberge jünger als die tertiären Lager, da ihre Auswürfe überall diese Lager bedecken[3]). Wie Junghuhn, Ströhr,

[1]) P. M. 1904. S. 80.

[2]) Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon. Wien 1878. S. 3. — cf. auch Sueß, E. Antlitz d. E. III. Bd. S. 297 f.

[3]) Verbeek-Fennema. Java. S. 986.

Verbeek u. a. zeigten, nahm dabei im südlichen Teile in Java der Vulkanismus immer mehr die klasmatische Form an, so daß diese heute völlig im Vordergrunde steht. Auch auf den Philippinen ist dieser Prozeß durchlaufen worden. v. Drasche macht darauf aufmerksam, daß hier Seitenkegel an den Feuerbergen spärlich sind und daß im Gegen-

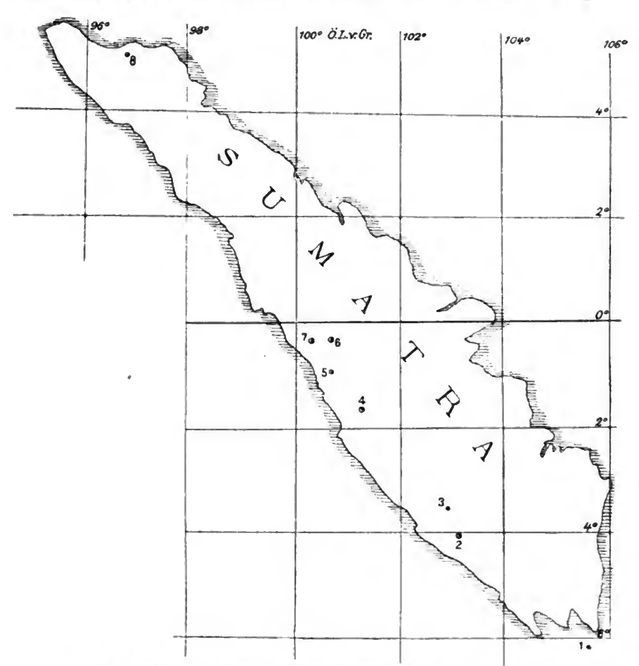


Fig. 31. Die tätigen Feuerberge von Sumatra. Maßstab: 1 : 7500000.

satze zu den „gewaltigen Aschenauswürfen“ „Lavaergießungen“ eine große Seltenheit sind[1]).

Wie in dem südlichen indischen Stücke die Explosionsausbrüche an der Tagesordnung sind (Krakatoa, G. Gelungung), so auch im philinen Teile. Wie im südlichen Abschnitt die vulkanischen Kräfte an

[1]) A. a. O. S. 71.

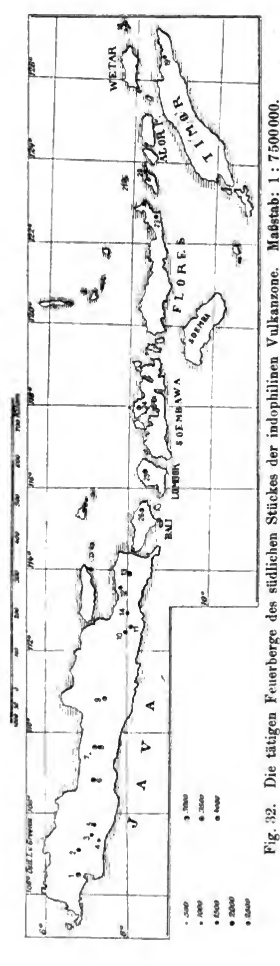


Fig. 32. Die tätigen Feuerberge des südlichen Stückes der indophilinen Vulkanzone. Maßstab: 1 : 7500000.

der Biegungsstelle der NE.—E.-Streichung immer auftreten, so in dem nördlichen in der Scharungszone.

Volz, W. hat die Geschichte des indischen Stückes zu geben versucht. Seine Angaben sind mit denen auf den Philippinen identisch. Nach ihm setzten die ersten schwachen Anfänge mit der oberen Kreide ein, waren demnach gleichzeitig mit dem des Dekkangebiets tätig. Diese Tätigkeit hielt im unteren Eozän an und verschwand im oberen völlig. Auch hier ist für das untere Oligozän eine Tätigkeit nicht genau nachweisbar. Im Oberoligozän beginnt die Kraft in dem Inneren Komplex auf Borneo zu spielen, einer Gegend, die heute gänzlich erloschen ist. Heftig und machtvoll mit enormen andesitischen Massenergüssen, welche zehntausende von Quadratmeilen in Sumatra, Java und Borneo bedecken, beginnt das untere Miozän. In der folgenden Zeit hält die Erscheinung nach, um gegen das Ende zu verflauen.

Das obere Pliozän sieht bedeutende klasmatische Ausbrüche, welche die heutigen Kratere in der Hauptsache schufen. Die Eiszeit hat keine untrüglichen Erkennungszeichen für eine gleichzeitige Tätigkeitsphase. Was in der Endzeit des Pliozän geworden ist, hat nur schwache Nachläufer in der Gegenwart. In Sumatra sind nur wenige Essen. Durchbrach hier der Altvulkanismus den ganzen Rumpf, so beschränkt sich der Neuvulkanismus auf das innerste (nördliche) Kettensystem. Zeigte Java im Tertiär an seiner Nordküste mächtige Ausbrüche, so verlegt sich die

unterirdische Kraft in der Gegenwart auf die Südseite[1]) (Fig. 31 und 32).

In dem nördlichen Abschnitt der indophilinen Zone setzt der Vulkanismus auf Halmahera als der östlichsten Gruppe ein.

Von dem Aufbau der Insel ist nur das eine sicher, daß in der Kreidezeit die vulkanische Kraft einzusetzen begann. Gabbros, Peri-

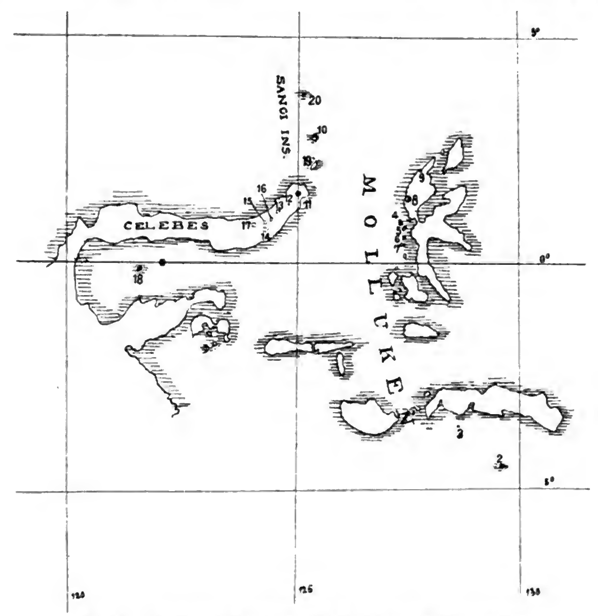


Fig. 33. Die tätigen Feuerberge der Molukken und Nordcelebes.
Maßstab: 1 : 12500000.

dotite und Serpentine setzen von Neuguinea über Fau bei Gebe nach der Insel und bilden zum großen Teil die am weitesten nach E. vorspringenden Inseln Morotai und Rau und zeigen sich auch auf

[1]) Die Entwicklung des Vulkanismus von Volz nach Frech, F. wiedergegeben. Z. d. G. f. E. Berlin 1902. S. 682. — cf. auch Volz, W. Vorläufiger Ber. über eine Forschungsreise . . . von Sumatra. Sitzber. d. Akad. Wissensch. Berlin Jg. 1907. S. 127 f.

Batjan. Zwei Vulkanreihen, eine ältere und jüngere, durchziehen die Insel. „Die ältere, die Lolodalinie, heißt nach den Lolodainseln im Nordwesten Halmaheras, streicht bis nach Batjan und enthält ältere Hornblende- und Glimmerandesitvulkane, eine zweite kreuzt mit ihr in der Straße von Patientie zwischen Halmahera und Batjan"[1]). Eine weitere geht entlang der Ostküste nach Morotai, die jüngste, einzig tätige liegt aber an der Innenseite Halmaheras. Ternate, Tidore, Motir, Makian sind die äußeren sichtbaren Kennzeichen mit 1580 bis selbst 1720 m Höhe (Fig. 33).

Der zweite mehr gegen West gelegene Bogen ist der, der in den Sangi-Inseln vertreten ist, aber schon von Nordcelebes herüberstreicht.

Der Apo-Vulkan auf Mindanao (Fig. 34) nimmt die weitere sichtbare Fortsetzung, Camiguin leitet sie weiter gegen die westliche Vulkanzone auf Leyte. Mit Biliran nähert sie sich dem großen am Ostrand gelegenen Hauptzug auf Luzon. Hier trifft sich auch die dritte Vulkanzone, die von den Suluinseln auf Mindanao, Negros übergeht und über Masbate mit der Luzoner Linie zusammentrifft. So vereinigt diese letztgenannte eigentlich die beiden Vulkanzonen Sulu und Sangi und streicht mit diesen vereint gegen Westen südlich von Manila. Hier stößt über Mindoro die Palawanzone als dritte Nebenzone hinzu.

Gerade in diesem Gebiete entfaltete sich der Vulkanismus zu ganz besonderer Kraftleistung noch bis in die Gegenwart hinein, während die Fortsetzung nach N. jenseits der Lamonbay in gerader einfacher Zone S.-N. verläuft.

Auch in diesem Teile der Philippinen setzt die vulkanische Tätigkeit mit dem mittleren Tertiär ein. Durch die juvenilen Massen wird die Konfiguration der Inselgruppe wesentlich umgestaltet. Die Bay von Manila, die Seebay, sind durch vulkanische Produkte vom Meere abgeschnittene Stücke. Fraglich erscheint dies für den Bombonsee, der in seiner Mitte den niedrigen, aber äußerst unruhigen Taalvulkan beherbergt und durch den Rio di Pansipit mit dem Meere in Verbindung steht. Der See ist heutigentages ein Süßwassersee, war aber ehedem wahrscheinlich brackisch. Infolge von Hebungen, von denen die ganze Insel betroffen ist, ist er heute etwas höher als das Meer[2]). Doch können auch vulkanische Produkte, aus dem Taal oder einem anderen Feuerberg der Umgebung geschleudert, durch ihre ständige Aufschüttung am Grund des Bodens eine höhere Lage des Wassers

[1]) Sievers, W. Asien. 2. Aufl. Leipzig-Wien 1904. S. 633.

[2]) Drasche, v. Fragmente zu einer Geologie der Insel Luzon. Wien 1878. — Semper, C. Die Philippinen und ihre Bewohner. Würzburg 1869. — Becker, G. Rep. on the Geology of the Philippine-Islands. Washington 1901.

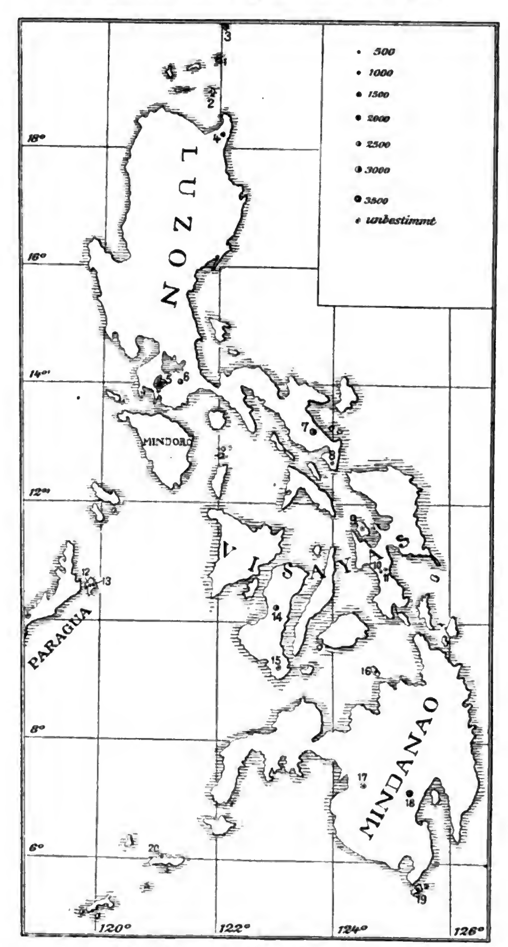


Fig. 34. Die tätigen Feuerberge der Philippinen.
Maßstab: 1 : 7500000.

herbeigeführt haben. Jedenfalls ist der ganze Lago di Bombon das Werk eines bedeutenden vulkanischen Paroxysmus, wodurch das ganze heute etwa 300 km² betragende Seeareal in seiner ersten Anlage geschaffen wurde[1]). Heute mißt der See an 5,8 km in der Breite und 7,8 km in der Länge. Diese Dimensionen sind keine Ungewöhnlichkeiten selbst an noch tätigen Feuerbergen der Erde.

Die Tiefe der Lagune gibt v. Drasche im südlichen und östlichen Teil mit rund 200 m an, etwas weniger tief im westlichen Teil.

Die ganze Umgebung des Sees besteht aus Bimssteintuff. Keinerlei Lava wurde beobachtet. Der durch dieses Lockermaterial aufgeführte Bergkranz rund um den See fällt, soweit aus den Schilderungen und Abbildungen hervorgeht, mählich gegen den Außenrand ab, während die Steilheit gegen den See jedem Besucher auffällt. v. Drasches Panoramazeichnung läßt dies auch den Fernerstehenden erkennen.

Innerhalb dieses durch einen bedeutenden Explosionsausbruch geschaffenen Kraters folgten später kleinere Ausbrüche nach, die zuächst die kleine Insel innerhalb des Bombonsees aufbauten, auf der der äußerst unruhige, eigentliche Taalvulkan aufgeworfen wurde. Nur der Mayon hat eine größere Agilität in historischer Zeit entwickelt, als diese Feueresse. Er ist zur Gänze aus basaltischen Massen aufgeführt und mit besonderem Nachdrucke wird bei diesem Berge auf den Mangel eines Lavaergusses hingewiesen.

Der eigentliche Taalvulkan zeigt sich als typischer Wallberg von kaum 250—270 m Meereshöhe und einer Walltiefe von etwa 75 m. Zwei kleine, durch auffallend starken Vitriolgehalt ausgezeichnete Lagunen, kleinere teilweise zerstörte Wallberge zeichnen den in ständig pneumatitischem Zustand verharrenden Kraterboden aus. An dem Fuße des Berges finden sich weitere kleine Homaten, welche als selbständige Bildungen aufzufassen sind. Sie sind teilweise vollkommen intakt, teilweise an der Randung unterbrochen.

Durch die Tatsache, daß innerhalb der Öffnung, welche Bimssteinmassen ausstieß, nachträglich ebenfalls reine basaltische Klasmatika entstammen, ist der Taalberg besonders ausgezeichnet. Diese Erscheinung läßt sich in der Umgebung gleichfalls festlegen. Alle doleritischen Massen sind jünger als die Bimssteintuffe.

Nach den vorliegenden Schilderungen und Untersuchungen läßt sich folgende Analyse vornehmen. Zunächst zeigt das Gebiet ein Wandern der Ausbruchsstelle von E. nach W. Als das älteste Stück ist der bis zum Gipfel bewaldete 2400 m hohe Majaijai oder Banájao anzu-

[1]) Hochstetter, v. nimmt eine abweichende Genesis an, indem er den See durch Einsturz geworden sein läßt. Novara expedition geol. Teil. S. 13.

sehen. Andesitische Laven setzen ihn zur Hauptsache zusammen[1]). Noch im Jahre 1730 hat der Berg einen Ausbruch gezeigt, wobei „Steine von ungeheurer Größe“ ausgeworfen wurden[2]). An dem Nordfuße baute sich an dem Hange hinauf der domförmige S. Christobal auf. Auch er ist zur Gänze aus Andesitlaven gefügt. An ihrem Fuße brach die Masse des Bombonsees hervor, mit deren Material die den See umlagernden Berge aufgebaut wurden, sofern sie nicht selbständige Bildungen sind, wie dies z. B. für den doppelgipfligen Sosoncambing wahrscheinlich ist.

Erst jetzt brachen wieder, etwas nach Nord verschoben, die Tholoiden zeugenden Dolerite durch, die den Pico di Loro am Eingang zur Bay von Manila schufen, die bis über 1400 m ansteigende Sierra von Mariveles, den 1342 m hohen Pico Butilao und damit erst die Bucht von Manila überhaupt werden ließen.

In der Einfahrt zu dieser traten die juvenilen Massen gleichfalls zutage und bauten einen Berg, der heute nur in Resten erhalten ist, die durch die Insel del corregidor und Pulo caballo repräsentiert werden.

Erst jetzt begann neuerdings das Spiel in dem großen Bombonsee. Dolerittuffe fügten die Insel und die darauf stehenden Homaten, unter ihnen den Taal. Gegen Osten am Fuße des Maquiling und S. Christobal traten nur pneumatitische Erscheinungen auf.

Eruptive Gesteine leiten nach E. weiter zu dem Mayon, dem tätigsten Berge der ganzen Zone, dessen einfach regelmäßige, konische Gestalt „als ein wahres Muster feuerspeiender Kegelberge dienen kann“. Nach Norden führt eine erloschene Zone, deren Material Andesit und Trachyt ist, zu den tätigen Inselvulkanen im Norden der Insel, wo der Babuyanbogen den Philippinenbogen gegen Formosa weiterführt.

Formosas Vulkane sind durch neuere Untersuchungen aus der Liste zu streichen. Es sind nur Täuschungen hervorgerufen durch ungenaue Berichte[3]).

Wohl liegen in der Fortsetzung der Babuyanzone die Koto-sho-Inseln, deren 564 m hoher Mittelpunkt völlig vulkanischen Ursprungs ist, aber von einer Tätigkeit ist nichts zu merken, ebenso wie auf dem nahen Formosa unmittelbar nahe gelegenen Kwashōtō. Längs des Ostrandes von Formosa zeigen sich zwar tertiäre Eruptivgesteine, sie bauen sogar den 605 m hohen Sarōsan auf, allein sie sind längst erloschen.

[1]) v. Drasche weist mit Nachdruck darauf hin. „Wo irgend ein Aufschluß in einer Bachrinne zu sehen ist, stehen Laven an“. A. a. O. 58 auch 56.

[2]) Nach Jagor-Roth. Ebenda. S. 57.

[3]) Geol. map of Japan. Tokyo 1900.

Das gleiche gilt auch von der Westküste Formosas. Denn die Pescadoren sind ebenso verglommene Essen, wie der an der Nordspitze der Insel gelegene Taitonzan (654 m). Sie können keineswegs zu dem philinen Bogen mehr gerechnet werden, sondern gehören bereits zu dem japanischen Gürtel. Sie leiten hinüber zu den Riu-kiu.

Mit diesen hebt die Tätigkeit wieder an und die Feuerberge werden in dem folgenden Verlauf um so zahlreicher, je mehr man sich dem Hauptstück nähert.

Die japanische Vulkanzone.

Die Konfiguration des Meeresbodens in der Umgebung der japanischen Vulkanzone ist eine ganz besondere.

Der melanesischen Vulkanzone liegt im W. der Karolinengraben vor. Er leitet hinein in die Philippinenbucht, welche bis 6000 m tief ist. Normal auf den E.-W. verlaufenden Karolinengraben ragt unvermittelt der Boninrücken auf, der in meridionaler Richtung gegen die Mitte von Japan strebt. Abgesprengt steht an seinem Südende der Marianenrücken. Zwischen den durch den Boninrücken und das japanische Festland entstehenden Bogen schmiegt sich hart an beide heranreichend der japanische Graben. 8513 m ist durch das Lot als Maximaltiefe bestimmt worden. Allerdings ist der Böschungswinkel keineswegs allzu steil. Dietrich berechnete dafür 2° 22′ als Gesamtböschung und das von ihm gezeichnete Profil läßt trügerische Täuschung schwinden[1]). Allein trotzdem muß auf dieses unmittelbare Zusammentreffen dieser Tiefen und der Vulkanzonen des Festlandes Bedacht genommen werden.

Dieser japanische Graben streicht bis knapp an die Südspitze Kamtschatkas, liegt somit auch noch dem Kurilenrücken vor, der sich im flachen Bogen gegen ihn kehrt. Auch Japans Vulkanzone hat im Rücken an der Innenseite ihres Bogens Tiefen bis selbst 4000 m, indem sich das japanische Becken und die Ochotskische Mulde anlegen.

Die japanische Vulkanzone, die sich auf rund 4500 km erstreckt und in ihrer größten Breite an 150 km erreicht, besteht gleich den vorhergehenden Zonen aus mehreren Stücken, welche selbst wieder verschieden gestaltet sind (Fig. 35). Das südlichste Stück bildet der Riu-kiubogen. Dieser begegnet auf Kiushiu dem südjapanischen Bogen, der in der Fossa magna aussetzt. In dieser schiebt sich von Süden der Marianen-Boninbogen gleichsam in den Hauptbogen

[1]) Dietrich, F. Untersuchungen über die Böschungsverhältnisse der Sockel ozeanischer Inseln. Berlin 1892. S. 15. Profil Tab. 1. B. 8.

hinein, so daß der **nordjapanische Bogen** als ein selbständiges Stück ausgeschaltet werden kann, um so mehr, als durch die **Fossa magna** ein wichtiges tektonisches Moment zwischen Süd- und Nordjapan zu liegen kommt, wie **Naumann** zeigte[1]). Der letztere streicht auf **Jesso** aus und setzt sich auf der Ostseite der Insel nochmals in den **Kurilen** fort, so zu **Kamtschatka** hinüberleitend.

Die eigentlichen **Vulkanzonen** sind aber keineswegs identisch mit den Bogenstücken. Sie treten bis auf das letztgenannte Stück nicht an den Außenrand, sondern begleiten vielmehr den **Innenrand** der einzelnen Bogenstücke, und nur der **Marianen-Boninbogen** hat keine sedimentäre Außenseite.

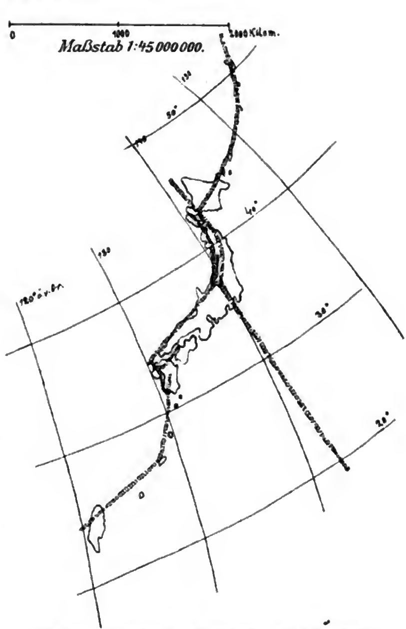


Fig. 35. Übersicht der japanischen Vulkanzone.

In der Anordnung der Vulkanzonen wiederholt sich gleichsam das philine Stück, nur daß es in dem japanischen Inselkranz einfacher erscheint, indem hier zunächst zwei Zonen einander begegnen. Es ist dies die **Kirishimazone**, welche die inneren **Riukiuinseln** umfängt und

[1]) Über Japan ist außer anderen zu vergleichen: **Naumann**, E.: Über den Bau und die Entwicklung von Japan. Berlin 1885. — Neue Beiträge z. Geol. u. Geogr. Japans. E. H. 108 zu P. M. Gotha 1893. — **Milne**, J. The volcanoes of Japan. Transact. of the seismol. soc. of Japan. Vol. IX. Part. II. 1886. — Outlines of the Geology of Japan. Descriptive Text and the Map 1 : 1000000. Tokyo 1900. I. und II. Part. — **Friedländer**, J. Über einige japanische Vulkane. Mitt. d. d. Gesellsch. f. Natur- und Völkerkunde Ostasiens. Bd. XII, Teil 1 u. 2. — **Döderlein**. Ebenda. Jg. 1881.

auf Kiushiu die Asozone trifft. Mit dieser schwenkt sie nach NE., um nach kurzem zwischen der sedimentären Zone, welche Shikoku bildet, und an der Granitmasse von Südhondo auszutönen. In einem schmalen Zuge setzt ihre Fortsetzung an der NW.-Küste Hondos in der Hakusanzone ein, nach dem tätigen 2640 m hohen Hakusan benannt, der gleichsam als letzter Posten gegen die Fossa magna vorstößt. Innerhalb dieses seltsamen Krustenstückes, das die Tektonik Japans völlig beeinflußt und das einheitlich erscheinende Hondo in zwei Stücke auflöst, trifft nun dieser Westflügel, welcher von den Riukiu kommt, mit dem Ostflügel zusammen, der Marianen-Boninzone.

Die erloschenen Vulkane Amagesan (1386 m), Hakone (1356 m), Ashitakayama (1187 m) sind die ersten, welche von der Marianen-Boninzone auf Hondo in der Fossa magna aufgeführt wurden und die unmittelbar dem 3778 m hohen Fujiyama vorgelagert sind.

Knapp nach ihm treten in der Fossa magna eine Reihe großer vulkanischer Baue auf und zeichnen sie besonders aus. Naumann hat im Gegensatz zu Harada u. a. dargelegt, daß dieser eigene Krustenteil, der die Fossa magna bildet, den ganzen japanischen Gebirgsbogen in Form einer breiten Querspalte durchschneidet. In diesem Teile scharen sich nicht verschiedene Gebirgsbogen, sondern es ist eine klaffende Lücke in dem zonalen Faltengebirge[1]). Diese Lücke ist durch die vulkanischen Massen ausgefüllt worden. Sie ist die natürliche Fortsetzung der Marianen-Boninzone, welche sich zwischen den japanischen Gebirgsgliedern gleichsam gefangen hat und gerade hier zur besonderen Entfaltung kam, ähnlich der nordpazifischen Vulkanzone, welche zwischen die verschiedenen Gebirgsglieder Asiens und Amerikas hineingeschoben ist und gerade in diesem Stücke in den Wrangellbergen die größten vulkanischen Gebilde zeitigt.

Nach dem Fujiyama haben die japanischen Geologen die Marianen-Boninzone die Fujizone genannt.

Mit Ausnahme dieses Berges, der im Leben der Japaner eine besondere Rolle spielt, ist kein anderer Vulkan in diesem Einkeilungsgebiet tätig, denn der Shiranesan (2286 m) liegt bereits in der nordverlaufenden Nasuzone, welche quer durch die Nordhälfte Hondos streicht, Jesso quert und über die erloschenen Vulkaninseln Rishiriyama (1741 m) und Totomoshiri (450 m) ausklingt.

Dieser Hauptzone liegt im Westen die Chokaizone vor mit den tätigen Bergen Iwakiyama (1588 m) und Chokaizan (2123 m), welche ihrerseits, bereits im Meere, durch die nahezu sichelförmige Kampuzone flankiert wird. Das Eiland Oshima (714 m) und die kaum landfeste

[1]) Naumann, E., a. a. O. E. H. S. 34.

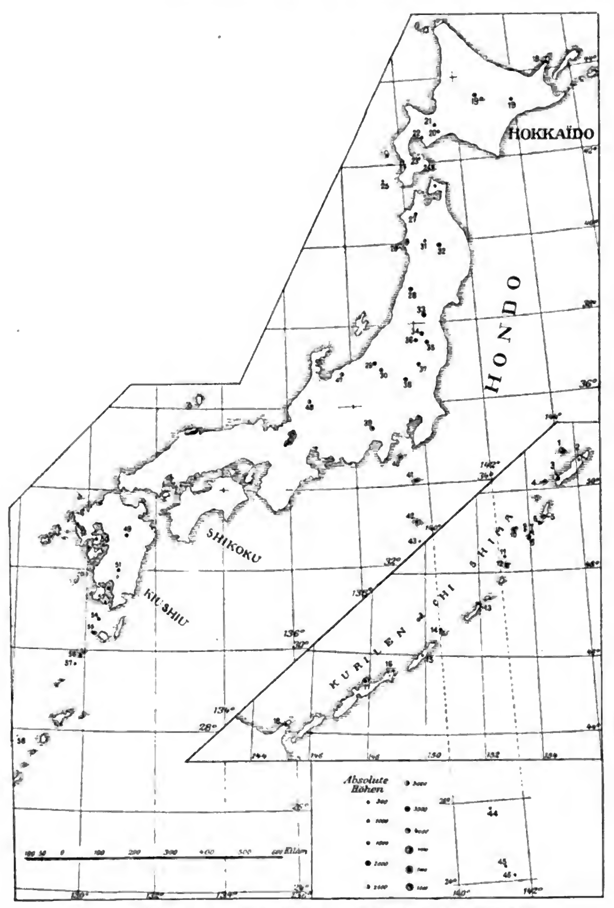


Fig. 36. Die tätigen Feuerberge der japanischen Vulkanzone.
Maßstab: 1 : 7500000.

Insel Koshima mit dem Kampuzan (374 m) sind die markanten Vertreter dieser innersten Zone.

Von der erwähnten Nasuzone zweigt quer durch Jesso nach NE. verlaufend die Chishimazone (Kurilenzone), welche die Vermittlung mit Kamtschatka herstellt.

Von allen diesen einzelnen Stücken sind die im Meere gelegenen die tätigsten. Die Kurilen-, Marianen-Bonin- und Chirishimazone sind weitaus agiler als die des eigentlichen Japan. Hier ist die Zahl der „tätigen" Feuerberge eine geringe im Vergleich zu den großen und zahlreichen vulkanischen Bauen, welche die Inseln beherbergen und die sich besonders gegen die Fossa magna, auf Jesso und Kiushiu häufen (Fig. 36).

Die vulkanische Tätigkeit setzte in der japanischen Vulkanzone mit dem Beginn des Tertiär ein und zwar wurden zunächst Liparite gefördert[1]). Sie erfüllen hauptsächlich Nordjapan. Neben ihnen sind Dacite, vor allem aber das Hauptgestein japanischer Vulkane Andesit. Er kommt in den verschiedensten Varietäten vor und setzt den größten Teil der Vulkane zur Gänze zusammen, dabei hauptsächlich die klasmatische Förderung erkennen lassend.

Seltener ist der Basalt. Dieser beschränkt sich auf den Süden Japans, auf Nord-Kiushiu. Domförmige Baue kennzeichnen ihn von weitem. Rheumatitische Ergüsse sind maßgebend und bestimmend geworden für einzelne Plateaus in diesem Landesteile.

Durch dieses verschiedene Baumaterial, hauptsächlich aber durch die Förderungsform, ist der Unterschied in den vulkanischen Bauen Japans begründet. Führten Basalte Tholoiden auf, so fügten die sauren Magmen aus der vorwiegend klasmatischen Masse mächtige Koniden. Ihre berühmtesten Vertreter sind der Fushi und Kaimon, der doppelgipfelige Asama und Norikura.

Friedländers Untersuchungen sind es, welche erkennen lassen, daß die Vulkane Japans den oben weiter ausgeführten Entwicklungsprozeß von rheumatitischer zu klasmatischer Förderung durchlaufen haben. Immer wieder wird betont, daß die früheren Lavaergüsse heute völlig verschwunden sind und nur Bimssteintuffe und Aschen überhaupt zur Erscheinung treten. Er weiß auch zu berichten, welche Bedeutung die Vulkane des Landes auf das geistige und religiöse Leben der Bewohner haben.

Die nordpazifische Vulkanzone.

Die 2370 m hohe Konide des Alaid-jima, die 1770 ungewöhnlich viel Rauch ausstieß, 23 Jahre später aber in heftigster Tätigkeit sich

[1]) Outlines of the geology of Japan. S. 117.

befand, die langgestreckte Insel Paramushir mit dem 2104 m aufragenden Fuß Peak, der noch 1857 einen Ausbruch verzeichnen läßt, sind die letzten tätigen Feuerberge[1]) der Kurilenzone, die zu dem japanischen Bogen gehört. Der nur rauchende Marakariyama mit seinen 705 m und die kleine erloschene Vulkaninsel Shumshujima sind die letzten vorgeschobenen Posten nach NE. Jenseits der Kurilenstraße setzt mit dem Kap Lopatka das kamtschatalische Vulkangebiet ein. Schon wenige Kilometer der Küste fern ragt der Koleschiow mit 2390 m als erster hoher Landbote der Halbinsel auf. Von seiner Tätigkeit ist nichts bekannt, aber mit ihm beginnt eine neue Gruppe und Kette vulkanischer Bildungen, welche zu den interessantesten aber auch wenig gekanntesten gezählt werden können.

Es sind nicht neue Gesteinsarten, welche diese Zone charakterisieren, keine neuen Formen treten auf. Die Bimssteinaschen, welche den ganzen Ozean umgürten und die Ausbrüche charakterisieren, sind auch hier bekannt, die kosmopolitischen Gestalten der Feuerberge finden sich auch auf diesen dem Meere entsteigenden Inseln.

Geographische Momente und zum großen Teil auch geologische lassen an der Kurilenstraße die nordpazifische Vulkanzone beginnen, welche nach 4000 km langem Verlaufe mit den Wrangellvulkanen in Alaska enden.

Diese Zone läßt sich leicht in zwei Gruppen zerlegen u. zw. 1. die kamtschatalische, 2. die Alëutenzone.

Erstere ist in NE.-Richtung weiterstreichend und verliert sich bei dem 60. Breitegrad. Sljunin hat die Berge bis 59° n. Br. zusammengestellt, doch finden sich Thermen noch bis 60° 30' auf der olutorschen Halbinsel[2]). Letztere setzt hart an der Ostseite bei 57° n. Br. der Halbinsel ein und steigt in NE.-Richtung ebenfalls wieder bis zum 60. Grad n. Br. und fängt sich in den Gebirgen vom asiatischen und Kordillerentypus.

Ist erstere eigentlich ein erloschenes Gebiet, das nur geringe Anklänge an die tertiären Verhältnisse zeigt, so hat letztere eine immerhin recht rege Tätigkeit in historisch bekannter Zeit entwickelt. Neue Inseln und Berge entstanden. Mächtige Vulkanbaue, die erst vor kurzem wieder Ausbrüche zeitigten[3]), setzen im E. das Ende.

Wie bislang, so liegt auch der nordpazifischen Vulkanzone im Süden ein tiefer schmaler Graben, der Alëutengraben, vor, der bis

[1]) Milne, J. The volcanoes of Japan. S. 132f.

[2]) Sljunin. Das Ochotsk. Kamtschatkasche Land. Petersburg 1900. — Sueß, E. A. d. E. IIIb. S. 390ff.

[3]) Z. d. G. f. E. Berlin 1907. S. 628.

7383 m bislang gemessen wurde[1]). Nördlich des Inselkranzes liegt dagegen wieder das Behringsbecken mit mehr als 3000 m Tiefe.

Das kamtschatalische Stück ist ein äußerst großes und reichhaltiges Vulkangebiet, das schon in den früheren Erdepochen dem vulkanischen Phänomen zur Heimat diente. Die Lage der ganzen Halbinsel bringt es mit sich, daß diese Entwicklungsgeschichte nur in den gröbsten Zügen aufgedeckt ist. Um seine Aufhellung hat sich Bogdanowitsch große Verdienste erworben[2]). Nach ihm ergibt sich, daß bereits im Paläozoikum Granite, Granitporphyre hervorkamen, denen Diabase in rheumatitischer und klasmatischer Form folgten. Während des Mesozoikums und bis ins Neogen fehlt jeder Anhalt für die Beurteilung des Vulkanismus auf der Halbinsel. Mit der pliozänen Faltung setzt auch die vulkanische Kraft wieder ein und dauert mit immer mehr abtönender Deutlichkeit bis zur Gegenwart, aber „der gegenwärtige Stand des Vulkanismus vom Schlusse des Pleistozän angefangen ist nur ein bloßer Schatten der gewaltigen Prozesse der vorhergegangenen Zeit.“

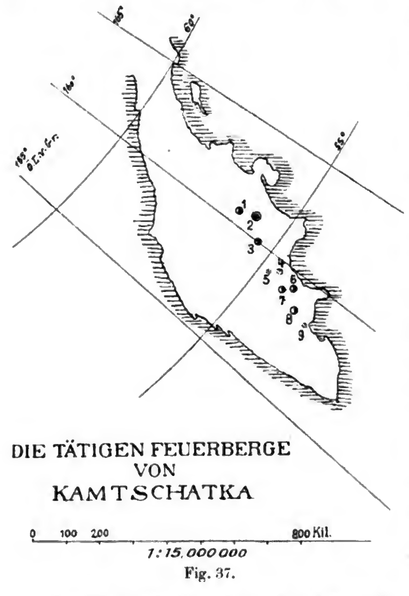


Fig. 37.

Dieses Verlöschen setzte mit dem Beginn der diluvialen Eiszeit ein, wenigstens zeigte Bogdanowitsch, daß auf einzelnen Feuerbergen deutliche Gletscherspuren vorhanden sind, wie z. B. am Bjelyi Chrebet, in der Gruppe um die so überaus tätige Kliutschewskaja und auf der Plosskaya Ssopka. Zugleich zeigt sich auch eine Verschiebung der

[1]) Supan, A. Die Bodenformen d. Weltmeeres. P. M. 1899. S. 180.

[2]) Bogdanowitsch, K. Geologische Skizze von Kamtschatka. P. M. 1904. S. 59ff.

Ausbruchsstelle von der Mitte der Halbinsel gegen den Ostrand, wo allerdings auch in der ältesten Ära Ausbrüche statthatten. Die zentralen Teile zeigen nicht nur keine Tätigkeit, auch die pneumatitischen Evolutionen sind stark im Hintergrund. Wie die beigegebene Karte erkennen läßt (Fig. 37), sind die „tätigen“ Berge alle an der Ostküste, die Kliutschewskaja kaum 75 km vom Meere entfernt, doch „existiert keine Gesetzmäßigkeit in der linearen Lage der Vulkanberge an der Ostküste von Kamtschatka“, sondern auch hier sind es Zonen, innerhalb derer die Essen gereiht sind.

Darin aber zeichnen sich diese Feuerberge besonders aus und werden von großer Bedeutung für das Studium des Phänomens, daß sich auch hier wie in den anderen Gebieten der Erde eine vollkommen analoge Entwicklung seit dem Beginn zeigt.

Die alten basischen Hypersthen-Augit-Andesite bauten große weite echte Aspiten mit deutlichen weit eingelagerten Krateren. Sie sind die Unterlage eines Choaschen, Anann, Ainelkan, Schischel u. a. Über ihnen bauen sich in weitaus geringerem Maße Tholoiden und wohl auch Beloniten (?) aus saurem Andesit. „Sie beschließen sozusagen den langwierigen Eruptionsakt, der mit der Ergießung der flüssigen basischen Andesite begonnen hatte, wobei jedesmal die Ergießung von sauren Gesteinen entweder in einer typischen Kaldera von basischen Gesteinen (Choaschen, Ainelkan) oder auf dem Rande einer solchen Kaldera (Bjelyi Chrebet) vor sich ging.“ Die rezente Geschichte der Feuerberge weiß viel zu erzählen von Aschenregen und Bomben, Rauchsäulen und Dampfwolken. Danach sind Klasmatika auch hier die herrschende Form der Ausbrüche.

Etwa 300 km östlich vom Schiwelutsch tauchen aus den Fluten des Meeres die Kommandeur-, Berings- und Kupfer-Inseln auf. Sie sind niedrig und flach, 610 m wird für das letztgenannte Eiland als höchster Punkt angegeben. Etwa in gleicher Distanz wie diese von dem Festland ragen als Nachbarn der Kommandeur-Inseln die „Nahen Inseln“ Attu (940 m), Agatta (3050 m) und Semichi auf. Vulkanisches Gestein wird durch Dawson[1]) von diesen Eilanden vermeldet. Die erodierten Flanken lassen auf lange Ruhe schließen. Prätertiär soll das Alter der Insel sein.

Diese beiden Inselgruppen bilden das Zwischenstück zu den eigentlichen Aleuten-Inseln, die mit Buldir island einsetzen, das once symmetrical volcanic cone much eroded by the sea. 350 m ist sein heutiger höchster Punkt. Mit Little Sitkin island setzen nunmehr die zahlreichen Vulkanberge ein, treten alle die zahlreichen Inseln und

[1]) Bull. geol. soc. America. Jahrg. 1894. S. 117ff.

Inselchen auf, welche vielfach in jüngster historischer Zeit geworden sind (Fig. 38).

Kaum 1000 km sind die ersten Feuerberge von Kamtschatka entfernt und durch nahezu 3200 km lassen sich nun die zahlreichen Vulkane verfolgen, welche sich in ihren Ausbrüchen durch die Gleichheit der Auswurfsprodukte, die Heftigkeit und den Mangel rheumatitischer Massen auszeichnen[1]).

Ihre Höhe ist verschieden und nicht selten die Fälle, wo unterseeisch ein neuer Ausbruch erfolgt, der sich über See fortsetzt und dessen Massen wieder von den Fluten des Meeres weggeschwemmt werden. Die bekannteste und am genauesten beobachtete ist Bogosloff. Sie liegt unter 53° 58′ n. Br. und 168° w. L. v. Gr. und ist unter dem russischen Namen Jan Bogoslova (Johann der Gottesverkündiger) auf den Karten eingetragen, während der Eingeborenen-Name Agáshagok unbekannt ist[2]).

Diese Insel erscheint 1796, wird durch mehrere Ausbrüche immer wieder erneuert und erhöht, bis 1883 eine neue Insel neben ihr entsteht: Neu-Bogosloff oder Grewingk. Zugleich wird durch die juvenilen Massen ein Streifen Landes, der beide Inseln verbindet. Im Jahre 1905 bis 1906 ging ein neuer Ausbruch vor sich, der mit seinen Massen den Metcalf-Perry-Kegel aufbaute, der aber schon 1908 wieder verschwunden war und nur den Streifen Landes von 6 km Länge zurückließ, der beide Inseln miteinander verbindet.

Der Ausbruch vom 6. Oktober 1883 am Mt. Augustin schuf ebenfalls eine neue Insel von etwa 2½ km Länge und 25 m Höhe.

Je mehr man sich gegen E. nach Alaska nähert, umso höher werden die Vulkanberge. Auf den Inseln werden die vorwiegenden klasmatischen Massen von den Stürmen zerstreut und abgetragen, dazu spielen auch die Wellen eine wichtige Rolle bei der Zerstörung. Am Eingang zu Cook Inlet stehen neben anderen der Iliamna mit rund 4000 m, unweit der Redoubt mit 3600 m.

Ganz drinnen aber im Innern Alaskas baut sich endlich das Massiv des Wrangell-Vulkans auf, das eigentlich eine ungefüge Masse von Laven und Aschen darstellt, in deren Mitte der Mt. Wrangell mit

---

[1]) Russel, J. Volcanoes of Northamerika. S. 268—283 teilt die Berichte der großen Ausbrüche mit. Immer wieder liest man nur von den bedeutenden rain of ashes, den violent emissions of great masses of black ashes, welche das Land weit im Umkreis bedecken, und der absence of molten lava. Wird Lava erwähnt, so sind es nicht Ströme, sondern rauhe scoriaceous masses.

[2]) Russel, J. a. a. O. — Becker, G. Reconnaisance of the gold fields of southern Alaska, with some notes of general geology. 18. Rep. of the U. St. geol. Surv. Part III. Washington 1898.

5390 m aufragt. Er ist umstellt von einer Reihe anderer mächtiger Vulkanriesen, mit denen er sich über einer gleichen gemeinsamen Grundbasis erhebt. Gegen NW. steht der Mt. Stanford (4940 m), gegen S. der Mt. Blackburn (4919 m). Mt. Drum und Mt. Tillman aus der Umgebung sind gleichfalls noch über 3600 m hoch. Noch im Jahre 1907 zeigte sich der höchste unter ihnen in voller Tätigkeit[1]).

Es sind die letzten großen Vulkane des nordpazifischen Bogens. Sie schwenken in ihrer Anordnung gleich denen Kamtschatkas nach S. Zwischen ihnen stehen die kleinen eigentlichen Aleuten.

Durch 12 Breitengrade setzen nunmehr die vulkanischen Bildungen überhaupt aus und beginnen erst wieder in den Vereinigten Staaten. Die nahezu kontinuierlichen Zonen, welche den Osten Asiens und Australiens begleiteten, lassen nunmehr auf amerikanischem Boden weite Spannen freien Raums zwischen sich.

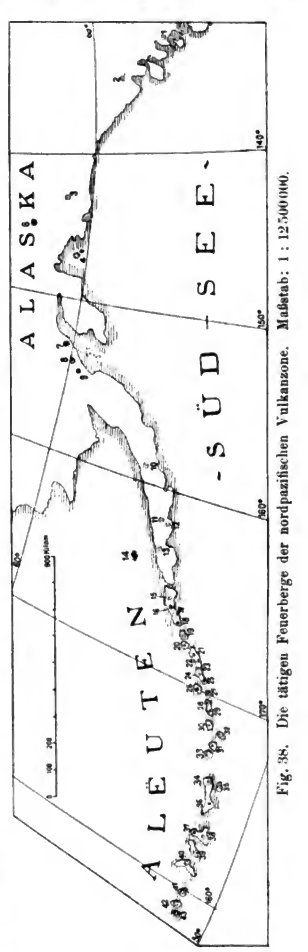


Fig. 38. Die tätigen Feuerberge der nordpazifischen Vulkanzone. Maßstab: 1 : 12500000.

Die Kaskadenzone.

Mit dem 50° n. Br. beginnt das große Eruptionsgebiet von Nordamerika. Es ist das größte Eruptionsgebiet der Erde und hat nur in den pontischen Vulkanterritorium sein Gegenstück in der alten Welt. v. Tillo gibt für Nordamerika 1,01 Mill. km² Bodenfläche an[2]), allerdings ist dabei auch Mittelamerika mit inbegriffen, aber immerhin liegen

[1]) Z. d. G. f. E. Berlin 1907. S. 628.
[2]) Comptes Rendus. Paris 1892. S. 247.

zwischen 50—30° n. Br. an der Westküste Nordamerikas ganz bedeutende eruptive Bildungen. Ihre Ursprungszeit liegt zum großen Teil im Tertiär und auffallend klein ist die Zahl jener Berge, von denen aus historischer Zeit Ausbruchsnachrichten vorliegen, wenn auch weite Gebiete von einer Lava bedeckt erscheinen, welche noch immer „rough and bare of vegetation“ sind, und zahlreiche Kratere in völliger Reinheit und Unberührtheit von äußeren Agenzien verzeichnet werden können[1]).

Die weitaus größte noch bis in die Gegenwart reichende Tätigkeit entwickelten die vulkanischen Kräfte im nördlichen Teile der Vereinigten Staaten, während die mehr gegen Mexiko gelegenen Mt. Taylor, Spanish Peak, San Franzisko Mt. durch ihr äußeres Aussehen das Verloschensein bekunden[2]). Sie gehören dem Tertiär an. Tief haben erosive Kräfte in die Flanken eingeschnitten und das Gehänge aufgelöst.

Vielfach wurden die äußeren Umhüllungen, die klasmatische Produkte geschaffen haben, abgetragen, so daß der Kern des ganzen Systems als isoliertes Gebilde (vulkanischer Neck) aufragt und dem Landschaftsbild ein eigenes Gepräge verleiht.

Diese vulkanischen Relikte gestatten einen tiefen Einblick in die Struktur vulkanischer Baue. Sie lehren, daß gerade die mächtigen Koniden, welche meist schon äußerlich erkennen lassen, daß klasmatisches Material es ist, das sich am Aufbau beteiligt, im Innern einen rheumatitischen Kern haben, der erstarrt ist und das Grundgefüge abgibt, das den Berg gleichsam stützt.

Jünger als diese südlichen Vulkanruinen sind jene, welche innerhalb der großen Wüste in der Umgebung des Großen Salzsees zur Ausbildung kamen. Mächtige Lavaergüsse fanden statt, um deren Austrittsöffnung klasmatische Produkte zu Homaten geformt wurden, wie dies z. B. an den Ice spring-Krateren der Fall ist, welche Gilbert beschrieben hat[3]). Analog sind die Verhältnisse am Tabernacle-Krater. Nur entwickelten sich hier die Eruptionen in einer bestimmten Linie. Doch war die declining phase of the eruption explosive.

Von rein explosivem Charakter waren die vulkanischen Ausbrüche westlich von den genannten bei Ragtown, Nevada. Die Natur dieser Paroxysmen brachte es mit sich, daß keinerlei rheumatitische Massen entquollen, sondern nur Klasmatika, welche sich zu Homaten formten, deren Dimensionen bis zu 1400 m im Durchmesser bei nur 25 m Höhe über der nächsten Umgebung reichen. Na_2CO_3 wird an diesen Stellen gewonnen. Daher führt denn auch das Gebiet den Namen nach den

---

[1]) Russel, J. Volcanoes of Northamerika. New-York 1897.

[2]) Die einschlägige Literatur bei J. Russel a. a. O.

[3]) Monograph of the U. St. geol. Surv. Vol. I. 319ff.

Sodaseen, welche sich innerhalb der erloschenen Kratere gebildet haben und technisch ausgebeutet werden.

Auch diese Vulkane sind schon der Natur der geschaffenen Produkte und Formen nach zu schließen erloschene Gebilde, welche zu Beginn des Diluvium entstanden sind.

Dieses letztgenannte Vulkangebiet liegt ebenso wie das südlich davon situierte Monolake-Vulkanterritorium bereits in der eigentlichen Kaskadenzone, welche in schmaler Anordnung genau am Rande des Kaskadengebirges zu dem vorliegenden San Joaquin- und Sacramentotale verläuft. Lassen Peak (3083 m), Mt. Shasta (4374 m), Mt. Pitt (3970 m), Mt. Scott (2782 m) mit dem vorliegenden Kraterlake, Three sisters, Mt. Jefferson, Mt. Hood (3725 m), St. Helena (2972 m) und der gegenüberliegende Mt. Adams (2917 m), Mt. Rainier (4376 m) inmitten des National Parkes, endlich Mt. Backer (3290 m) kennzeichnen den Verlauf der Vulkanzone. Sie verläuft nahezu mit dem 122° w. L. v. Gr. zwischen dem 50—38° n. Br. Die südlichen Berge sind völlig verglommen. Eismassen decken den Scheitel des Mt. Shasta, rheumatitische Massen stehen im Vordergrunde, gering ist im Vergleiche dazu die Menge von klasmatischen Produkten. Das Tertiär sah ihn werden.

Zur größten Entfaltung kamen die Massen in dem nördlichen Teile in den Vulkanbergen von Oregon und Washington, d. i. das Gebiet nördlich vom Mt. St. Helena. In diesem nördlichen Abschnitt der Kaskadenzone entwickelte sich der Vulkanismus zu ganz bedeutender Mächtigkeit. Ungeheure rheumatitische Massen ergossen sich seit dem Tertiär und bedecken im Zusammenhang Areale von der Größe Deutschlands. Ihr Aussehen und ihr Aufbau wurden oben behandelt.

Noch bis zur Gegenwart dauern in diesem Teile der Kaskadenzone die Eruptionen fort. Aber die rheumatitischen Ergüsse haben nachgelassen und die klasmatischen bauen an der Erhöhung der einzelnen Berge weiter fort.

Gering sind die vulkanischen Gebilde, welche die Kaskadenzone im Westen begleiten und die Küstenkordillere auszeichnen. Sie können nicht gut als eigene Zone ausgeschieden werden, sondern sind wohl besser nur als die versprengten Teile des Hauptzuges anzusehen, denn sie finden sich nur in dem nördlichen Teil und liegen gegenüber dem großen Vulkangebiet von Kolumbia.

Als ihre wichtigsten Vertreter sind im Norden der Mt. Olympus (2480 m) zu nennen und der durch Dana bekannt gewordene Mt. Saddle, ein erloschener bewaldeter Berg mit einem Krater von 3,5 km Durchmesser und an 150 m Tiefe[1]).

---

[1]) Russel, J. a. a. O. S. 257.

Eine dritte ebenfalls im Tertiär gewordene heute nur mehr durch pneumatische Ausbrüche charakterisierte Zone liegt östlich der Kaskadenzone in den Rocky Mountains. Ihr gehört das Gebiet des Blackfoot basin mit seinen weiten rheumatitischen Bildungen und seinen klasmatischen Homaten, welche mitten in den Laven stehen. Zum anderen das Colorado und das Gebiet der Spanish Peaks südöstlich von Pueblo, alte Kraterruinen von 4150 m Höhe.

Die Untersuchungen stehen noch aus, um in den weiten nordamerikanischen Vulkanterritorien eine genauere Altersfolge erkennen zu können. Nur das eine erscheint über allen Zweifel erhaben, daß die Gebiete, die weit weg von der Westküste stehen, die älteren sind und daß die mittlere, die eigentliche Kaskadenzone, die jüngere ist.

Wie das ganze Krustenstück mählich in großen Staffeln zur Südsee abfällt, so treten an der Grenze zur jeweilig vorliegenden Tafel die Vulkane. Auch in der nordamerikanischen Vulkanzone wenden sich die jüngeren Gebilde zur See hin, in die Nähe der großen abyssischen Tiefen und rücken so gegen das tiefliegende, vom Meere bedeckte Vorland. So zeigt sich auch auf der Ostseite des pazifischen Ozeans das große Gesetz von dem Hinausrücken der vulkanischen Kräfte gegen die Tiefenlagen.

Mit dem Vorwärtsschreiten zur Küste beginnt auch die Erdscholle lockerer zu werden und in der von Vulkanen nahezu freien Küstenkette haben Erdbeben ein freies Spiel, wie die Erschütterungen der weiten Küstenstrecke von San Franzisko beweisen[1]).

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß der canadische Schild an seiner Südostflanke gegen die großen Seen von tertiären vulkanischen Massen besetzt ist.

Die mexantillandine Vulkanzone.

Die Namengebung dieser mittleren Vulkanzone des amerikanischen Weltteiles besagt, daß das scheinbar losgelöste Stück der Antillen nicht der atlantischen Erdhälfte zugehört, sondern ein Stück der pazifischen Hemisphäre ist. Auf Grund der vorhandenen Untersuchungen hat E. Sueß diesen Zusammenhang schon lange aufgedeckt[2]). Oben wurde auf die Ähnlichkeit dieser Vulkanzone mit der der indophilinen hingewiesen. Gleich jenem ist auch diese Zone innerhalb der Großformen dieses Krustenstückes geworden.

In einem unterscheidet es sich aber wesentlich. Die beiden End-

[1]) Montessus de Ballore, F. de. Les tremblements de terre. Paris 1906. S. 404 ff.

[2]) Antlitz der Erde. II. Bd.

stücke sind nicht wie dort ebenfalls nur Inseln, sondern Teile des amerikanischen Festlandblockes.

Gerade aber die Konfiguration dieser Endstücke, die Verbreitung der vulkanischen Bildungen zeigt, daß der Zusammenhang zwischen dem Auftreten der vulkanischen Massen und dem morphologischen Baue des Untergrundes vorhanden ist.

Das mexikanische Hochplateau setzt scharf gegen Süden ab. Ebenso tritt sein Rand gegen Westen zum Golf von Kalifornien unvermittelt auf. Sind gegen Süden die unmittelbaren Höhenverhältnisse nicht allzu

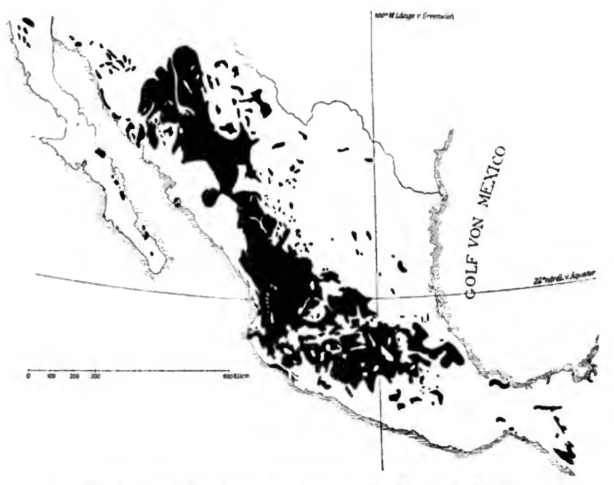


Fig. 39. Die Verbreitung der jungeruptiven Massen in Mexiko.
Maßstab: 1 : 8000000.

scharf, so zeigt doch das Lot in knapper Nähe des Festlandes Tiefen von mehr als fünftausend Metern.

Gerade an der West- und Südseite aber finden sich die vulkanischen Massen in großen rheumatitischen Ergüssen und verteilen sich auch hier gerade dort, wo die Umschwenkung aus NW. gegen E. erfolgt, wie die geologische Karte erkennen läßt (Fig. 39).

Am Innenrande dieses Nordstückes liegt der mexikanische Golf mit 3880 m Tiefe. In dem ganzen Stück, das durch die großen Antillen vertreten ist, wurden keinerlei Vulkane beobachtet. Erst mit Saba bei

17° 38′ setzen die vulkanischen Gebilde ein und lassen sich von da ab mit Unterbrechungen bis zum 12. Grad n. Br. auf Grenada verfolgen. In einem schwachen nach E. drängenden Bogen sind sie geordnet. Der Portorico-Graben liegt ihnen im Norden vor. An ihrer Innenseite breitet sich die caribische See aus, im Osten sinkt das Senkel zur westatlantischen Mulde.

Wieder setzen die Vulkane aus. Das tektonische Gefüge weist nach Südamerika als natürliche Fortsetzung. Erdbeben, welche das Zwischenstück zwischen Antillen und Nordanden heimsuchen, zeigen, daß hier ständige Krustenverschiebungen eintreten. Aber erst in Kolumbien zeigen sich die nächsten Feuerberge, die plötzlich mit mehr als 5000 m Höhe einsetzen.

Ist das nordamerikanische Vulkanterritorium noch vielfach ungeklärt, so gilt dies in gleichem Maße für die mexantillandine Zone, obwohl in einzelnen Teilen gute Untersuchungen durchgeführt wurden.

In dem ersten Stück, dem mexikanischen, folgen einander die Forschungen mit großen Unterbrechungen seit der Zeit, da A. v. Humboldt die ersten genaueren Nachrichten brachte. Auf diesem Boden wurden durch Felix und Lenk jene Untersuchungen begonnen, welche in dem „Kampf um die vulkanische Spalte“ (Haas) eine wesentliche Änderung in den Anschauungen brachten und zur richtigen Erkenntnis führten, daß die Vulkane zwar nichts mit Spalten im vulgären Sinne des Wortes zu tun haben, wohl aber mit jenen tektonischen Vorgängen, welche das Landschaftsbild beherrschen[1]).

Die größten Fortschritte in der Erkenntnis sind aber durch Aguilera gebracht worden, der in manches Dunkel einiges Licht zu bringen wußte[2]).

Aus den Darstellungen der einzelnen Forscher, hauptsächlich aber Aguileras ergeben sich einzelne wichtige Momente, welche schon teilweise Berücksichtigung fanden. Die eigene Verteilung der eruptiven Massen auf der West- und Südseite wird besonders hervorgehoben. Die Bildungen begannen mit dem Eozän, d. h. also zu einer Zeit, wo in anderen Gebieten der Erde gleichfalls das Anheben vulkanischer Ergüsse Platz greift, und dauerten mit immer deutlicherem Abschwächen bis zur Gegenwart, nachdem sie besonders im Miozän eine große Entfaltung ihrer Kräfte erkennen ließen.

---

[1]) Felix, J. — Lenk, H. Über die mexikanische Vulkanspalte. Z. d. d. geol. Gesellsch. Berlin 1894. S. 678f. u. a. a. O. — Ebenda 1892. S. 303ff.

[2]) Instituto geol. de México. Boletin Nr. 4 u. 5. Mexico 1897. — Verhandl. Internat. geol. Kongreß in Mexiko 1905. — Hobson, B. The volcanoes of Mexico. Scott. Geogr. Magazine. 1907. S. 25f. — Sapper, K. Über die räumliche Anordnung der mexikanischen Vulkane. Z. d. d. g. Gesellsch. 1893. S. 574ff. u. a.

Sind die mittleren und nördlichen Teile heute völlig erloschen, so zeigen sich die einzigen noch tätigen Feuerberge, deren es nur 7 gibt, die in historischer Zeit Ausbrüche hatten, gerade an den südlichen Rand geschoben. Hier stehen sie in einer schmalen Zone von E. nach W. (Fig. 40).

Von großer Bedeutung ist es, daß auch hier ebenso wie in anderen Gebieten der Erde die von Vulkanen bestellten Teile des Landes frei sind von Erdbeben.

Nach der Gestalt der Baue sind jene zu unterscheiden, welche vorwiegend aus Lava aufgebaut sind und eine längliche Form zeigen, zum anderen die großen Koniden, welche einen vorwiegend rheumatitischen Unterbau zeigen mit abnehmender Kraft der vulkanischen Tätigkeit aber durch a great number of explosive eruptions abschlossen.

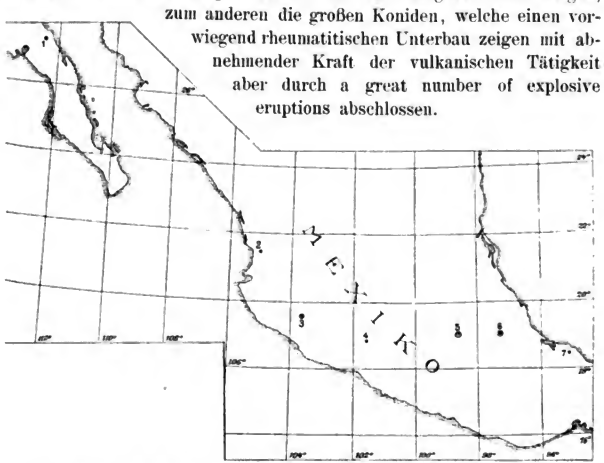


Fig. 40. Die tätigen Feuerberge von Mexiko. Maßstab: 1 : 7500000.

Zeigt somit die Form und der Aufbau der Vulkane Mexikos, daß auch in diesem großen Vulkangebiet der Erde die abnehmende Kraft eine verschiedene Förderungsart und damit Hand in Hand gehend eine verschiedene Gestalt der Berge besitzt, so ist die Verbreitung der tätigen Vulkane an dem Südrande Beweis, daß auch hier ein Hinausrücken des Phänomens an die Peripherie des Landsockels, des Hochplateaus, wahrzunehmen ist.

Der Vulkan Tuxtla ist der vorgeschobenste Feuerberg Mexikos an der Ostküste, der 860 m hohe Peak von Saba der erste in der Reihe vulkanischer Bildungen der kleinen Antillen. Der Ausbruch

des Mt. Pelée auf Martinique im Jahre 1902 hat es mit sich gebracht, daß diese Gebiete gerade im Laufe der letzten Jahre eine bessere Untersuchung bekamen als andere[1]). Vulkanischen Ursprungs sind innerhalb der ganzen Inselgruppe vom Norden beginnend: Saba, Statia, S. Christopher, Nevis, Redonda, Montserrat, Guadeloupe, Les Saintes, Dominica, Martinique, S. Lucia, S. Vincent, Grenadines, Grenada (Fig. 41).

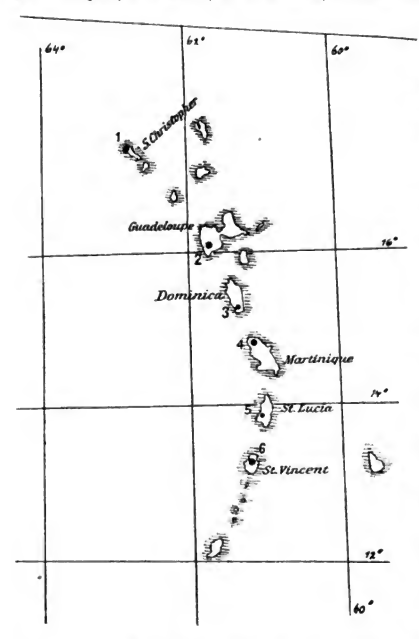


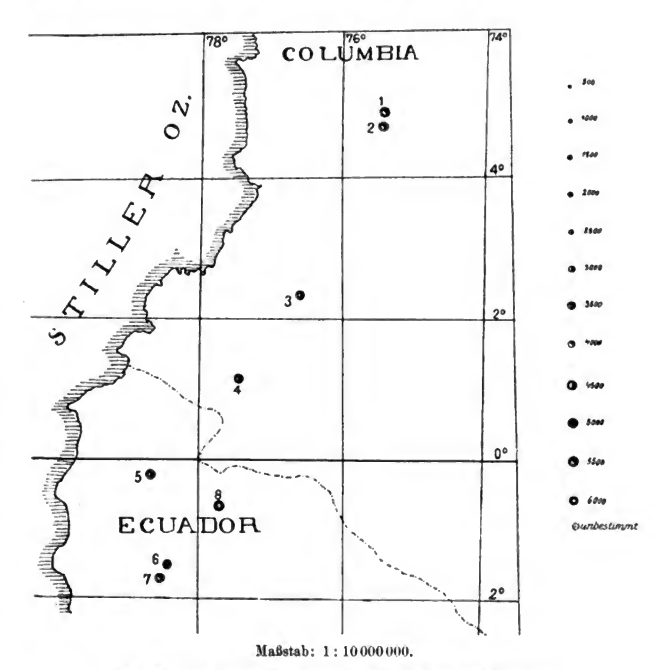
Fig. 41. Die tätigen Feuerberge der kleinen Antillen. Maßstab: 1 : 7500000.

Jede dieser auf einer gemeinsamen Grundbasis aufgebauten Inseln stellt einen Vulkankomplex vor, der eine eigene Entwicklung in den meisten Fällen durchlaufen hat. Für alle zusammen gilt aber, daß rheumatitische Ergüsse „wie sie in alttertiärer Zeit vorkamen, aus der jüngeren Zeit nicht mehr beobachtet wurden; auch sind in historischer Zeit Lavaströme nicht nachgewiesen, obgleich solche noch in der jüngsten Quartärzeit vielfach geflossen sein müssen“ (Sapper). Um so mehr berichtet die Chronik der Ausbrüche dieses Gebietes von den Aschenmassen, welche bei einzelnen Paroxysmen zutage traten[2]).

[1]) Sapper, K. Die vulk. kleinen Antillen und die Ausbrüche der Jahre 1902 und 1903. N. Jahrb. f. Min. Jahrg. 1904 mit vollst. Lit. — Supan, A. Der neue Eruptionstypus der Antillen. P. M. 1902. S. 286 mit Lit. — Anderson, R. Rep. on the eruptions of the Soufriere in St. Vincent etc. Phil. Transact. Royal Soc. London S. A. Jahrg. 1904 und 1908 mit Lit.

[2]) Landgrebe, G. Naturgeschichte der Vulkane und der damit in Verbindung stehenden Erscheinungen. Gotha 1855. S. 460ff.

Der Ausbruch des Mt. Pelée im Jahre 1902 schloß sich vollkommen diesen Verhältnissen an. Das Zurückkehren in die frühere Phase brachte aber nur ein solch zähes poröses Rheumatitikum, daß es zu keinem Fluß kam, sondern nur zu einer belonitischen Quellung.



Maßstab: 1 : 10 000 000.

Fig. 42. Die tätigen Feuerberge von Kolumbien und Ecuador.

Diese Tatsache ist umso bemerkenswerter, als die Entwicklungsgeschichte der Insel selbst erkennen läßt, daß ehedem rheumatitische Ergüsse die Oberhand hatten. Sie türmten die durch erosive Kräfte vielfach zerstörte Kuppe des Morne Larcher, Mt. Vauclin auf, wie sie die Roches Carrées und Mt. Flambeau fügten. Erst mit der Quartärzeit begannen die Klasmatika die Oberhand zu gewinnen und

charakterisieren neben pneumatitischen Vorgängen den heutigen Vulkanismus der Insel[1]).

Was sich für Martinique ausführen läßt, daß hat seine Gültigkeit auch für die anderen Inseln, wenn auch die Altersfolge der Eruptionspunkte und die letzten feinen Details noch der Aufklärung harren.

Das letzte Stück der mexantillandinen Zone ist das Vulkangebiet von Kolumbien-Ecuador (Fig. 42). Es beginnt mit dem 5600 m hohen Páramo de Ruir in der Höhe von Bogota und läßt sich durch ungefähr 900 km bis gegen Cuenza verfolgen. Um seine Erforschung haben sich Reiß-Stübel besondere Verdienste erworben[2]).

Diese Feuerberge stehen insgesamt in einer NNE.-SSW. situierten Zone, welche dem Küstenverlauf Südamerikas entspricht. Die ersten nördlichen Bildungen stehen auf der Zentralkordillere und knapp dort, wo sich die drei selbständigen Äste der columbianischen Anden, die Ost-, Zentral- und Küstenkordillere zu einem gemeinsamen Bündel vereinen. Während in dem Schaarungsgebiet der Vulkanismus zu größtem und mächtigstem Gestalten gekommen ist, setzt er kurz danach auf etwa 1000 km völlig aus.

Die früheren Ausführungen haben gerade aus diesen Gebieten zahlreiche Beispiele gebracht, so daß an dieser Stelle nicht viel nachzutragen ist. Wie bislang, so sind auch die nordandinen Vulkane nicht unmittelbar knapp nebeneinander gelegen, sondern es lassen sich unschwer mit Stübel einzelne Bezirke abheben. Als solche bezeichnet er von Nord-Süd fortschreitend den

1. Herveo-Bezirk mit dem tätigen Ruiz und Tolima;
2. den erloschenen Huila-Bezirk;
3. den Puracé-Bezirk, nach dem tätigen Puracé benannt;
4. den Tajumbina-Bezirk, der mehr als 4 Eruptionszentren besitzt;
5. den Pasto-Bezirk und
6. den Azufral-Cumbal-Bezirk.

Insgesamt zählt dieser kolumbianische Teil gegen 23 Eruptionszentren.

Diese steigen auf 44 in dem ecuadorischen Gebiete, in dem der nördliche Bezirk wieder der größte ist und unter den zahlreichen Vulkanriesen den Pichincha und Cotopaxi als tätige Berge ausweist.

Bei den Ausbrüchen, deren Zahl nicht allzu groß ist, spielen Klasmatika eine größere Rolle als die Rheumatitika. Bis in das Meer

[1]) Deckert, E. Martinique und sein Vulkanismus. P. M. 1902. S. 133f.

[2]) Die Vulkanberge von Ecuador. Berlin 1897. — Stübel, A. Über die Verbreitung der hauptsächlichsten Eruptionszentren und der sie kennzeichnenden Vulkanberge in Südamerika. P. M. 1902. S. 1ff.

wurden die leichten Massen des Cotopaxi im Jahre 1744 getragen[1]) und die nähere Umgebung in Nacht und Finsternis gehüllt. Nicht nur die Zahl der Feuerberge, sondern vielfach auch wohl die größere Anzahl der Eruptionen mag Veranlassung sein zu der in Quito verbreiteten Meinung, daß sich die vulkanische Eruptionskraft von Nord gegen Süd vorgeschoben hat[2]).

In beiden Gebieten reicht der Beginn der Eruptionen weiter zurück. Er hat mit dem Pliozän begonnen[3]) und ist vielfach auch in seiner Kraftäußerung in dieser Epoche der Erdgeschichte abgeschlossen worden. Inwieweit die geförderten Massen das Antlitz der früheren Kordillere verändert haben, ob tatsächlich durch sie die orographische Verbindung einzelner selbständiger Ketten herbeigeführt worden ist, wird künftige Forscherarbeit aufzudecken haben.

In die nach E. ausbiegende mexantillandine Vulkanzone schmiegt sich eine wesentlich kürzere aber äußerst tätige Zone, die mittelamerikanische.

Die mittelamerikanische Vulkanzone.

Zwischen 10—15° n. Br. liegt das Bogenstück, das die mittelamerikanische Vulkanzone beherbergt. In diesem Stücke liegt keine Einheit vor, sondern vielmehr eine ganze Gruppe von selbständigen Vulkanbezirken, welche allerdings knapp aneinander grenzen, so daß man äußerlich eine genaue Fortsetzung, eine direkte Verbindung vermuten kann.

Ein Blick auf die Karte der Verteilung der mittelamerikanischen tätigen Vulkane zeigt eine auffallende äußere Erscheinung, welche in dem nördlichen Teile Guatemala-Salvador oder kurz dem Stück nördlich der Fonsecabay schärfer zum Ausdruck kommt als im Süden. Die Vulkane spiegeln im kleinen die Anordnung der Feuerberge Mexikos (Fig. 43).

Diese Tatsache würde auffallender werden, wenn auch die erloschenen Essen eingetragen wären. Weiter zeigt sich, daß schon die guatemalischen Gebilde das Bestreben haben, nach E. umzuschwenken. Vom Fuego setzt der Pacaya scharf nach E. ab. Seine weiteren Fortsetzer sind erloschen. Sie gehören keineswegs zu den kleinen Gebilden, sondern weisen Höhen bis mehr als 2000 m auf.

Mit dem Tecuamburo beginnt der salvadorische Bogen. Er endet in der Fonsecabay. Je weiter nach Süden, um so mehr tritt diese

[1]) Landgrebe, G. a. a. O. S. 446.
[2]) v. Humboldt, A. Pogg. Ann. Bd. 44. S. 194.
[3]) Sievers, W. Süd- und Mittelamerika. 2. Aufl. S. 340.

bogenförmige Anordnung zurück. Die erloschenen Feuerberge zeigen aber, daß auch in dem südlichen Abschnitt keine Einheit vorhanden ist, sondern daß jenseits des Nicaraguasees die Feuerlinie nochmals absetzt.

Schon Sapper war diese Tatsache aufgefallen[1]) und er zeigte, daß „die mittelamerikanischen Vulkane nicht auf einer einzigen Längsspalte angeordnet (sind), sich vielmehr auf eine Anzahl kürzerer Einzelspalten verteilen, welche sprungweise gegeneinander verschoben sind.“

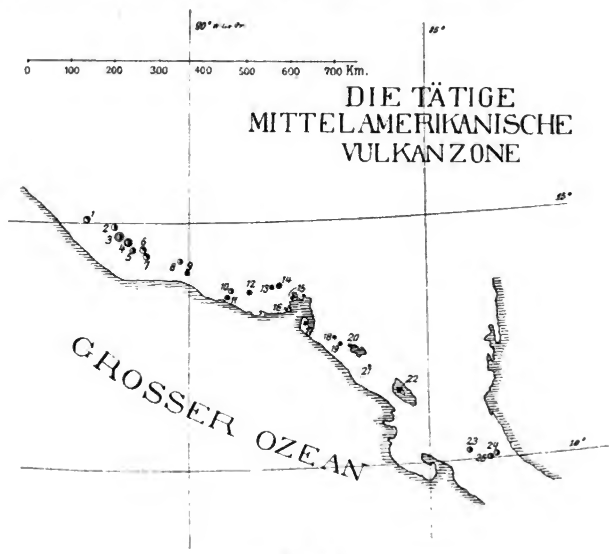


Fig. 43.

Bertrand hat die Leitlinien für diese Erscheinung aufgedeckt[2]) und gezeigt, daß auch hier wie in den übrigen Erdteilen die Verteilung und Anordnung der Vulkane innig mit dem tektonischen Grundbau im Zusammenhange steht.

Seine tektonische Karte läßt erkennen, daß die Vulkane Mittel-

[1]) Über die räumliche Anordnung der mittelamerikanischen Vulkane. Z. d. d. g. G. Jahrg. 1897. S. 672 ff.

[2]) Bertrand, M. Les phénomènes volcaniques et les tremblements de terre de l'Amérique centrale. Étude géologique sur l'isthme de Panama. II. Paris 1899.

amerikas an die großen Synklinalen gebunden sind, welche von hier gegen E. zu den Antillen ziehen. Sie führen immer wieder neue Vulkanreihen in das Land. Mit jedem Neueinsetzen einer Synklinale beginnen neue Bogenstücke. Daher das bogenförmige Aussetzen nach S., das im Norden von Mexiko beginnt und mit immer größerer Abschwächung gegen Süden gegen Costarica austönt. Nicht nur die größere Zahl, sondern auch die tätigeren Feuerberge liegen mehr in den nördlichen Stücken.

Der Beginn der Eruptionen fällt in das mittlere Tertiär. Eine genauere Altersfolge der Bildungen anzugeben ist bislang noch nicht möglich. Sicher ist, daß im nördlichen Mittelamerika die Zeit des Beginnes das Miozän ist, daß auch die Massen Panamas dieser Epoche angehören, während die von Costarica älter zu sein scheinen[1]). Die rheumatitischen Deckenergüsse des Tertiär sind wesentlich eingeschränkt und zurückgedrängt. Die rezenten Vulkane lassen vorwiegend Aschen- und Sandmassen als vulkanische Produkte erkennen, welche das Landschaftsbild beherrschen und tief beeinflussen.

Die peru-boliviane und chilenisch-patagonische Vulkanzone.

1600 km ist die Entfernung zwischen den letzten Feuerbergen der mexantillandinen Zone und denen, welche Peru-Bolivien auszeichnen. Mit 16° s. Br. beginnt sie und endet zunächst nach 10 Breitegraden, d. h. durch 1300 km lassen die Kordilleren bedeutende Vulkane erkennen, nicht nur die höchsten, sondern selbst noch in historischer Zeit die tätigsten. Die erloschenen Corosuno und Solomani stehen im Norden, der verglommene Carachapampa ist der südlichste Feuerberg dieser Zone.

Die größte Entfaltung zeigen sie gerade dort, wo die Kordillere von NW. nach S. umschwenkt und den flachen Golf von Arica bildet (Fig. 44). Sie wiederholen hier in ihrer Anordnung nochmals die flachen Bogen, welche an der Westküste des großen Ozeans zu beobachten sind, nur in weitaus geringerem Verlaufe als es die mexantillandine Zone zeigte. Es ist ein Zurückprallen vor den großen abyssischen Tiefen, die auch in diesem Teile durch den Graben von Atacama zum Ausdruck kommen.

Allein auch hier stehen wie auf der amerikanischen Seite überhaupt die Essen gerade auf der Küstenkordillere, während die östlichen Ketten frei von ihnen oder doch zum mindesten verloschen sind. Während

[1]) Sapper, K. Über Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerika. E. H. Nr. 127. P. M. — Über Gebirgsbau und Boden des südlichen Mittelamerika. E. H. Nr. 151. P. M.

im Osten der Kette insbesondere im südlichen Teile weite Hochflächen rheumatitischer Provenienz aus dem Tertiär zu erkennen sind, zeigen diese jüngeren Bildungen Tholoiden und Koniden, bei denen die

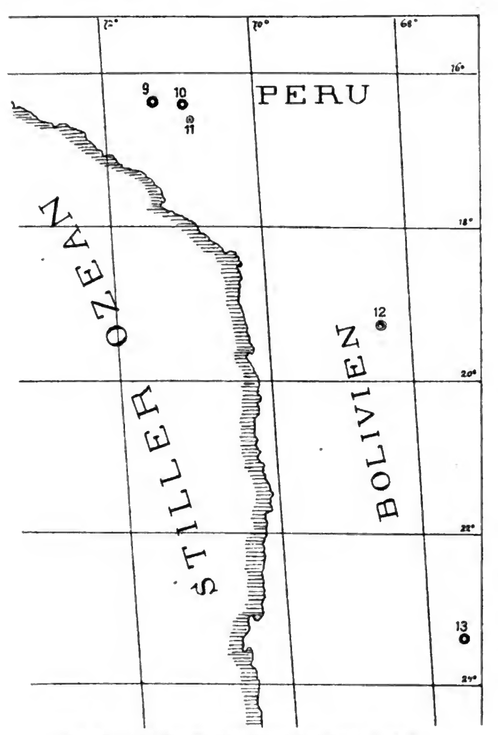


Fig. 44. Die tätigen Feuerberge von Peru-Bolivien.
Maßstab: 1 : 10 000 000.

Klasmatika eine große Rolle spielen und vielfach durch ihre Massen die vorhandenen Talläufe ausfüllen und verbergen.

So zeigt sich denn ebenso wie in Nordamerika und Mexiko ein Wandern der Ausbruchspunkte von E. nach W., aus dem Innern gegen die Küste, etappen- und zonenartig.

Wie auf der ganzen amerikanischen Seite des pazifischen Ozeans, so tritt auch hier wieder zwischen den beiden letzten Zonen ein breiter Zwischenraum auf, denn von dem genannten Carachapampa bis zu der chilenisch-patagonischen Zone sind an 800 km vulkanfreies Terrain, dem in dem letzten Abschnitt 1100 km vulkanisches Territorium folgt. Der Vulkan San José in der Höhe von Santiago ist der erste dieser letzten Zone. Je weiter die Untersuchungen nach dem Süden vordringen wollen, um so unzuverlässiger werden die Nachrichten.

In dem letzten Abschnitt tritt die nahezu geradlinige schmale Zonenanordnung besonders scharf hervor[1] (Fig. 45).

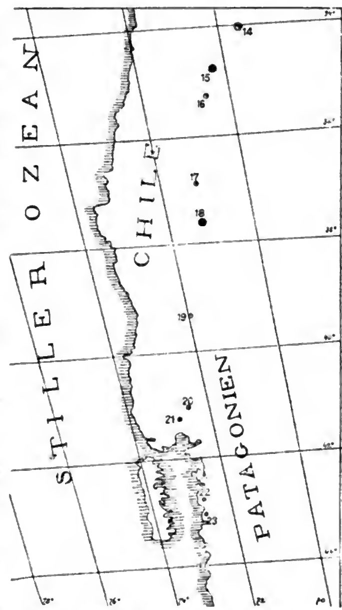


Fig. 45. Die tätigen Feuerberge v. Chile-Patagonien. Maßstab: 1 : 10000000.

In einem aber treten diese letztgenannten Zonen in Gegensatz zu den nördlichen Abschnitten und in gewisser Beziehung auch zu den asiatischen Vulkanbogen. Draußen im Meere sind ihnen nochmals kleine Eruptionszentra vorgelagert. Dem nördlichen Teil liegt das große Vulkangebiet der Galápagos gegenüber, das in einem früheren Zusammenhange behandelt wurde (S. 102), dem chilenischen stehen die vulkanischen Juan Fernandez-Inseln als Widerpart, in deren Nähe noch 1839 ein Ausbruch statthatte[2]).

Das peru-boliviane Stück aber begleiten die Phänomene, welche Ursache sind für die großen Flutwellen, die den großen Ozean wiederholt schon durchlaufen haben und als deren Ursache neben Erdbeben auch submarine Ausbrüche hingestellt wurden[3]).

---

[1]) Sievers, W. Süd- und Mittelamerika. 2. Aufl. Leipzig 1903. — Stübel, A. Über die Verbreitung der hauptsächlichsten Eruptionszentren a. a. O.

[2]) Darwin, Ch. On the connexion of certain volcanic phaenomena in South-Am. Trans. of the geol. soc. London. Vol. V. Jg. 1840.

[3]) Stübel, A. Über die Verbreitung . . . a. a. O. S. 3.

Die Vulkanzone von Hawaii ist bei der Besprechung der Entwicklung des Vulkanismus seit dem Tertiär behandelt worden. Neues läßt sich nichts hinzufügen, da die räumliche Anordnung gegenüber den anderen pazifischen Zonen in dem allgemeinen Teil besprochen wurde.

Die vulkanischen Gebilde der pazifischen Erdhälfte werden durch jene vermehrt, die im antarktischen Kontinente gesichtet und festgelegt wurden. Einen Zusammenhang zwischen ihnen untereinander oder mit den übrigen Zonen des Ozeans herzustellen ist nicht angebracht.

Die meisten vulkanischen Gebilde sind hier von Westantarktis bekannt. Christensen-Vulkan, Lindenberg-Zuckerhut, Seymour-, Paulet-, Joinville-, Bridgeman- und Clarence-Insel sind bekannt durch Vorkommen von Basaltgängen und selbständigen Bergen, welche auf Grund ihres Aussehens darauf schließen lassen, daß ihr Werden nicht allzuweit zurückreicht, daß ihre Entstehungszeit über das Pleistozän nicht hinausgehen dürfte[1]).

Die von Ross entdeckten Feuerberge Erebus und Terror sind mit 77° 50′ s. Br. die vorgeschobensten Vulkane im Süden überhaupt. Shakleton hat den „tätigen" Erebus bestiegen und beschrieben. Inselartig steigt er aus dem Meere, auf aspitischer Grundlage baut sich der eigentliche konidenartige Berg auf. Klasmatika sind das herrschende Baumaterial.

Alle übrigen in der Antarktis entdeckten Berge und Inseln vulkanischen Ursprungs sind erloschene Gebilde. Das größte und umfangreichste sind die Kerguelen, um deren Erforschung sich die deutsche Südpolarexpedition Verdienste erworben hat.

Mit diesen versprengten Inseln, die bereits in den indischen Ozean reichen, beginnt die Untersuchung der Feuerberge auf der nichtpazifischen Erdhälfte.

Auf ihr treten, wie schon im allgemeinen Teile besonders hervorgehoben wurde, die Vulkane stark in den Hintergrund, wo sie aber zur Erscheinung kommen, treten sie nicht in Zonen, sondern in Gruppen auf, aber auch diese sind spärlich.

In dem Indischen Ozean ist die afrikanische Inselgruppe, welche die Maskarenen, Madagaskar und die Komoren umfängt. Im Atlantischen Ozean liegt die Azoren- und Kapverden-Gruppe — endlich Island.

Die afrikanische Insel-Vulkangruppe.

In der afrikanischen Gruppe zeigten die südlichsten Inseln, die Maskarenen, eine typische Entwicklung, indem der Vulkanismus nicht

---

[1]) Wägler, K. Die geographische Verbreitung d. Vulkane. Mitt. d. Ver. f. E. Leipzig 1900. S. 17. — Nordenskjöld, O. Antarctic. Berlin 1904. Bd. 1. S. 70 u. a. a. O

nur wandert, sondern auch eine deutliche Phasenentwicklung erkennen läßt. Mauritius ist das ältere rheumatitische Gebilde, Réunion das jüngere. Es ist aus drei verschiedenen Eruptionszentren hervorgegangen (S. 96 f.).

Erloschen ist der Vulkanismus auf Madagaskar. An zwei Stellen kam er hier zur Entfaltung. Das eine Mal tritt er im Zentrum der großen Kontinentalinsel südlich und südwestlich von Tanarivo auf, das andere Mal läßt er sich in seinen Gebilden an der Nordspitze der Insel festlegen. In dem Vulkangebiet von Tanarivo erreichen die rheumatitischen Tholoiden im Ankaratra 2607 m. Diese Bildungen gehören dem Tertiär an.

Am Fuße dieser tertiären Vulkane breiten sich um den Itasysee in einem weiten Bogen geordnet zahlreiche (100—200) deutlich erhaltene Homaten, die den phlegräischen Bildungen an die Seite gestellt wurden [1]), mit vielfachen rheumatitischen Ergüssen.

Jünger oder zum mindesten gleichaltrig mit den Itasyseevulkanen sind diejenigen im Norden der Insel. Sie finden sich um die Ampasindarabai und im Hintergrund der Andramaimbobai, wo sie im Ambregebirge bis 1360 m erreichen.

Auch für sie ist ein historischer Ausbruch nicht mehr nachweisbar. Nur durch pneumatitische Evolutionen ist die frühere Tätigkeit noch gekennzeichnet.

In den Komoren zeigt sich gleich wie in dem der Maskarenen eine Verschiebung der Ausbruchsstellen von E. gegen W. Die ganze Gruppe wird durch vier Hauptinseln vertreten, zu denen eine Reihe kleiner Eilande hinzutreten. Gleich den Maskarenen bauen sich auch diese auf einer gemeinsamen Basis auf. Doch liegt zwischen den drei östlichen und dem westlichen, zugleich jüngsten Gr. Komoro (Angasija) eine tiefere Straße.

Die ersten Mayotta, Johanna und Mohelli sind in gleicher Reihenfolge ältere Gebilde, heute völlig erloschen, von Korallen vielfach umsäumt, insbesondere gilt dies von der ältesten Insel dieser Gruppe Mayotta. Alle drei genannten Hauptinseln bestehen „aus basaltischen und trachytischen Laven, weniger aus Schlacken, Tuffen und Bimssteinen“ [2]).

Nicht nur die Korallenriffe, welche in besonderer Entfaltung gerade Mayotta umsäumen, sondern auch das ruinenhafte Aussehen der Insel läßt das Alter der Insel im Vergleich zu den anderen als das höchste erkennen. Die größte Erhebung steigt nicht über 642 m an, während

[1]) Keller, F. Die ostafrikanischen Inseln. Bielefeld 1898.

[2]) Simmer, H. Der aktive Vulkanismus auf dem afrikanischen Festlande und den benachbarten Inseln. München 1906. S. 174. Daselbst weitere Literatur.

schon das nahe Johanna im gleichnamigen Pic Johanna 1580 m erreicht. Durch ein mächtiges Erosionstal ist der erloschene Krater von 4—5 km Durchmesser mit dem Meere verbunden. Mayotta ähnlich verhält sich Mohelli, das an 598 m erreicht, aber völlig durch Erosion aufgelöst ist.

„Tätige" Berge sind nur auf der jüngsten von S.-N. gestreckten Insel Groß-Komoro (Angasija) zu finden. Hier ist der St. Kartala, 2598 m hoch, das einzige Eruptionsgebiet der Komoren überhaupt.

Dieser Berg, eine mächtige Konide, baut sich inmitten der beiden älteren Stücke der Insel auf und zwar dem etwa 800 m hoch gelegenen Teil, in dem das Grundgebirge zum Vorschein kommt, und dem an 700 m hohen Nordplateau, das eine Anzahl erloschener bis 1200 m ansteigende Kraterberge beherbergen soll[1]).

Der Kartala selbst wird als rheuklastischer Berg beschrieben mit einem „kleeblattförmigen" Krater.

Dadurch erinnert der Kartala an Réunion und zwar an dessen ältestes Gebilde, den Piton des Neiges. Beide sonderbar gestalteten Gipfelvertiefungen sind jedenfalls aus drei nahe beieinander liegenden Ausbruchsöffnungen hervorgegangen.

Besondere Erwähnung verdient, daß auf Groß-Komoro und insbesondere an dem Kartala die klasmatischen Massen eine große Rolle spielen, wenn auch die Eruptionsgeschichte bis in die neueste Zeit hinein rheumatitischer Ergüsse Erwähnung tut.

In allen den drei einzelnen Vulkangebieten der afrikanischen Inselvulkangruppe zeigt sich das Verschieben nach der Westseite, das Beginnen im Tertiär und das geringe Nachklingen in der Gegenwart, wo nur mehr zwei Feuerberge als tätig zu verzeichnen sind.

Die kanarische Vulkangruppe.

In der gleichen Fortsetzung des Atlas tauchen kaum 90 km vom Festland entfernt die kanarischen Vulkaninseln aus dem Ozean auf. Sieben große Inseln treten in leicht nach S. ausschwenkendem Bogen aneinander heran (Fig. 46). Rheumatitische Massen beteiligten sich vorwiegend an dem Aufbau der Gruppe, deren erstes Anheben gleichfalls in das Tertiär zurückreicht. Aber nicht auf einmal wurden alle Inseln, sondern sie bauten sich durch die Verschiebung der Ausbruchsstelle nacheinander auf.

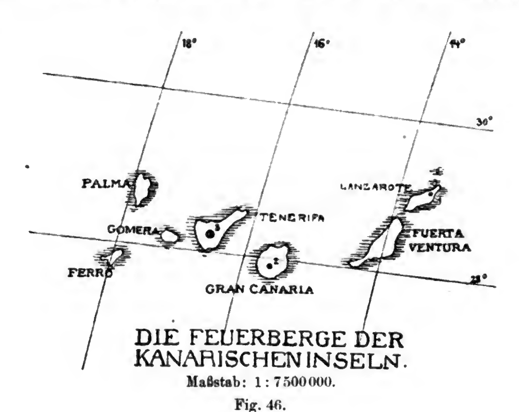
Diese Verschiebung ist auf den Kanaren nicht die gleiche geblieben, sondern setzt zweimal ein. Beide Mal erfolgt dieser Beginn im Westen und wandert gegen Osten. Das zweite Neuerwachen ist

[1]) Z. d. G. f. E. Berlin 1904. S. 279.

das in seinen Wirkungen kleinere und geht nicht in das erste Ausbruchsgebiet vor.

In beiden Fällen sind rheumatitische Massen die ersten Produkte der Förderung und in beiden Fällen kommt es zu großen echten aspitischen Bauen. Nahezu kreisrund ist heute noch die Gestalt von den ältesten Inseln der ganzen Gruppe, Gomera (1340 m) und Gran Canaria (1950 m).

Mit 1°, 1° 21′, 4° und 5° 3′ taucht erstere in den Ozean, eine Zahl, welche die andere Insel ebenfalls nicht überragt[1]). Dazu kommt noch die äußere Gestalt der Eilande selbst. Sie tritt insbesondere



DIE FEUERBERGE DER KANARISCHEN INSELN.
Maßstab: 1 : 7500000.
Fig. 46.

auf den Karten deutlich hervor, welche die Meerestiefen eingetragen haben[2]).

Gomera wird als ein zu „einem Plateau abgeplatteter Vulkandom" dargestellt[3]) Beide Inseln sind an den Flanken durch erosive Kräfte tief aufgeschlossen. Das Aussehen der Rheumatitika deutet darauf, daß aus beiden selbständigen Vulkanen schon lange keine Eruption mehr erfolgte. Dabei scheint Gomera älter zu sein als Gran Canaria.

---

[1]) Dietrich, Fr. Untersuchungen über die Böschungsverhältnisse der Sockel ozeanischer Inseln. Berlin 1892. S. 36.

[2]) Gagel, C. Handbuch der Regionalgeologie. Bd. VII. 10. Abt. Heidelberg 1910.

[3]) Nach Christ und Browns Beschreibungenbei Simmer a. a. O. S. 187.

Fuerteventura, das langgestreckt gegen NE. zieht, besteht nicht mehr aus einem Guß, sondern zwischen verschiedenen Gesteinen brachen die eruptiven Massen hervor. Nicht nur Syenit, Diorit und Diabas, sondern auch sedimentäre Gesteine beteiligen sich an dem Aufbau der Insel. Aber die vielfach frisch erscheinenden Lavaströme lassen der Vermutung Raum, daß noch im Pleistozän Ergüsse statthatten.

Jenseits von Is. Lobos, „ein halb zerstörter Kraterhügel", steigt in gleicher NE.-Situation das völlig vulkanische Lanzarote auf.

Aus der ersten Gruppe der vulkanischen Inseln der Canaren ist es das Jüngste. Noch im Beginn des 18. Jahrhunderts waren einzelne Eruptionen auf dem mittleren Teil der Insel vor sich gegangen, die sich durch die großen Mengen rheumatitischen Materiales und durch den geringen Anteil klasmatischer Produkte auszeichneten. Die Austrittsöffnungen dieses letzten Ausbruches sind durch ihre geradlinige W.-E.-Richtung ausgezeichnet. Sie sind rings von klasmatischen Homaten umgürtet. L. v. Buch hat eine ausführliche Schilderung dieser Eruptionen gegeben[1]).

Rheuklastische Massen folgten einander in großer Menge. Die weiteren kleinen Eilande im Norden von Lanzarote sind ebenfalls vulkanischen Ursprungs.

Das zweite Anheben des Phänomens setzte im Westen ein, wo es sich auch heute noch tätig erhalten hat. Palma, Ferro, Tenerife mit der mächtigen Homakonide des Pico de Teide (3710 m) gehören hierher.

Alle drei Inseln sind in ihrem Grundbau rheuklastische Gefüge, die in ihrer Mitte einen deutlichen Krater erkennen lassen, der noch bis zur Gegenwart, im geologischen Sinne gebraucht, vulkanische Produkte in gleicher Form von sich gibt. Jedenfalls zeigen die immer wiederkehrenden Ausbrüche mit ihren großen Lavaströmen, daß das Ende hier noch nicht gekommen ist, während das zu dieser Altersgruppe zu rechnende Ferro wohl als erloschen zu betrachten ist. Seinen Schluß bereitete ein gewaltiger Explosionsausbruch und die bis 1415 m aufragende Masse, welche diese Insel aufbaut. Sie „bildet die stehengebliebene Hälfte einer einst gegen 14 km weiten, fast durchwegs basaltischen Caldera, deren halbe Umrandung samt einem Teile des Bodens, wohl hauptsächlich infolge einer Explosion gegen NE. zu einem Golfe eingesunken ist"[2]).

Das nahe Madeira ist verloschen. Die tertiären vulkanischen Massen sind stark erodiert. Doch sollen junge Laven auf spätere (pleistozäne) Ausbrüche hinweisen[3]).

[1]) v. Buch, L. Ges. Schriften. I. Bd. Abgedruckt in M. Neumayers Erdgeschichte. I. Aufl. Leipzig 1886. S. 214f.

[2]) v. Fritsch. E. H. 22. P. M. 1867. S. 18ff.

[3]) Ebenda.

Die Kapverdengruppe.

Die Kenntnis der Kapverden stützt sich zum großen Teile auf Dölters grundlegende Untersuchungen[1]).

Die vulkanischen Bildungen sind vielfach auf Resten sedimentären Ursprungs gelagert. Sie begannen ihre Tätigkeit mit dem älteren Tertiär und setzten mit abnehmender Kraft ihre Tätigkeit bis in das Diluvium und zur Gegenwart fort. Auch sie waren nicht alle zu gleicher Zeit agil. Vielmehr läßt sich eine Verschiebung nach SW. zu feststellen, wo der Vulkan Fogo der einzig tätige Feuerberg der Gegenwart ist. Sie sind in einem engen Bogen, der gegen W. offen ist, situiert.

Diejenigen Inseln, welche mehr zu dem Lande zu gelegen sind, sind die älteren Bildungen. Sal, Bõavista, Maio, São Thiago gehören dazu. Auf letzterer finden sich Phonolith-Tholoiden, obwohl die Hauptmasse durch einen rheuklastischen Bau eingenommen wird, über den sich erst der vorwiegend klasmatische Pico d'Antonio (2260 m) erhebt.

Die jüngte Bildung der ganzen Gruppe findet sich auf Fogo. Den älteren (tertiären?) rheuklastischen Grundbau haben spätere Eruptionen zerstört. So blieb eine restliche Homate übrig, innerhalb der sich die Konide des Fogo aufbaute und 2975 m Höhe erreicht. Sie ist der einzige Kegel, aus dem in historischer Zeit Ausbrüche bekannt geworden sind. In ihm, der gleichfalls ein rheuklastisches Gefüge hat, ringt die klasmatische Förderungsart nach der Oberhand. Zwar zeigt die Geschichte seiner Ausbrüche, deren sich 16 zählen lassen, häufig genug vorherrschende Rheumatitika. Sie sind den Schilderungen nach zu schließen mehr nach der Natur der isländischen Apalhraun (Zackenlava) als der dünnflüssigen Helluhraun. Die Wende des 17. Jahrhunderts brachte Ausbrüche, bei denen nur Klasmatika gefördert wurden.

Daß aber auch in diesem Vulkangebiete die rheumatitische Förderung im Vordergrunde stand, geht nicht nur aus den erwähnten Phonolith-Tholoiden auf São Thiago sondern auch aus dem Fogo unmittelbar benachbarten älteren Brava hervor, an dessen Aufbau sich ausschließlich Phonolithe beteiligen[2]).

Die Azorengruppe[3]).

Unter den atlantischen Vulkangruppen zeigt die Azorengruppe noch die größte Agilität. Außer wiederholten submarinen Ausbrüchen

[1]) Dölter, C. Die Vulkane der Capverden und ihre Produkte. Graz 1882.

[2]) Ebenda. S. 162.

[3]) Hartung, G. Die Azoren in ihrer äußeren Erscheinung und nach ihrer geognostischen Natur geschildert. Leipzig 1860. — Gagel, C. l. c.

in der Umgebung von S. Miguel, von denen immer wieder Berichte einlaufen[1]), sind allein fünf Ausbruchspunkte auf den Inseln zu verzeichnen. Die völlig vulkanischen Inseln liegen in einer breiten Reihe von SE.-NW. Ihre ersten Anfänge gehören wohl gleichfalls in das Tertiär. In der Gegenwart zeichnen sich die Feuerberge durch ihre klasmatische Förderung aus, treten aber Rheumatitika zutage, so sind sie „sehr porös und verschlackt" oder auch „mehr porös als blasig". Um so häufiger treten ungeheure Bimssteinmassen, Aschen und Sande

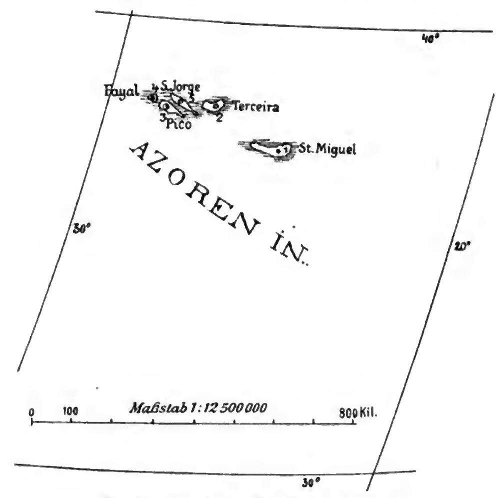


Fig. 47. Die tätigen Feuerberge der Azoren.

auf. Sie sind es, welche den größten Teil der Feuerberge zusammensetzen. Insbesondere beteiligen sie sich an dem Aufbau der jüngeren und jüngsten Formen wie des Pico auf der gleichnamigen Insel, dessen Höhe mit 2320 m gemessen wird und der eine Konide darstellt, die innerhalb einer zerstörten Homate aufgebaut ist. Derartige Homakoniden sind den Schilderungen nach zu urteilen keine Seltenheit in diesem Gebiete (Fig. 47).

Selvagem und Madeira sind verglommen.

---

[1]) Landgrebe, G. Naturgesch. d. Vulkane. Gotha 1855. S. 124f.

Island.

Zeigen die indo-atlantischen Vulkandistrikte gruppenförmige Vergesellschaftung als Charakteristikum, so hat **Island** eine scheinbare Ausnahme, indem hier über der gleichen Örtlichkeit die juvenilen Massen immer wieder seit dem Tertiär hervorgequollen sind und zwar in solchen Mengen, daß vielfach die durch tektonische Vorgänge aufgelösten Stücke wieder zusammengeschweißt worden sind.

Der rezente Vulkanismus hat auf diesem Inselland eine eigene Verbreitung. Er zieht sich in seinen Eruptionspunkten in einem weiten

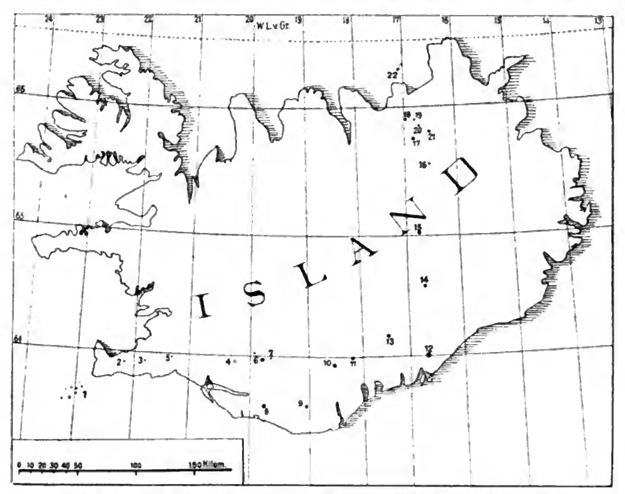


Fig. 48. Die tätigen Feuerberge auf Island. Maßstab: 1 : 3000000.

nach SE. aussetzenden Bogen quer durch das ganze Gebiet, mitten hindurch zwischen den beiden großen Horsten der alten tertiären Basaltergüsse.

Im SW. in **Eldeyar** beginnt er untermeerisch und setzt nach **Rejkjanes**, der südwestlichen Halbinsel, hinüber. Durch die **Hekla** wird gewissermaßen ein erstes Ende gesetzt (Fig. 48). Die **Eldgjá** nimmt die Richtung wieder auf. Zwischen beiden sind keine historischen Ausbrüche bekannt. Diese sind mehr gegen die Küste verschoben, gleichsam zu einem Außenbogen anhebend.

In diesem südlichen Teile haben alle Vulkanbaue eine W.-E.-Erstreckung. In dem östlichen Teil der Insel beginnt eine gerade entgegengesetzte Anordnung. Sie ist genau S.-N. und beginnt mit dem Oraefajökull, hat nördlich des Vatnajökull ihre gewaltige Ausdehnung in der Odádahraun und zeigt in dem östlichen Teil des Myvatner Staffellandes ihre zahlreichsten Austrittspunkte. Manáreyjar bei 66° 36′ ist der nördlichste zugleich submarine Ausbruchspunkt.

Für das Wesen des Vulkanismus ist es von Bedeutung festzustellen, daß der östliche Teil der Insel von zahlreichen N.-S. verlaufenden Brüchen durchzogen wird, daß dieser Inselteil ganz bedeutend in der angegebenen Richtung tektonisch gestört wird, während der südliche Teil eine Zerrüttung in SW.-Richtung erkennen läßt. Nicht nur die großen Spalteneruptionen Laki und Eldgjá sind derartig situiert, auch die Hekla zeigt in ihrem Grundriß diese Situation. Die verschiedenen Ausbruchsformen und Entwicklungsphasen des Phänomens auf Island wurden wiederholt in den früheren Ausführungen behandelt, so daß hier davon Abstand genommen werden kann.

Bei 74° 25′ n. Br. und 19° ö. L. v. Gr. liegt die Bäreninsel. Sie beherbergt den nördlichsten selbständigen Vulkan auf der atlantischen Erdhälfte. Heute ist er eine weite Ruine, in deren Felsen das Volk der Möven nistet. Die tertiären Basaltergüsse, welche die nördlichen Inseln zum Teil aufweisen, sind nicht soweit bekannt um ein Urteil zu ermöglichen, ob sie an Ort geworden oder ob die Massen dahin geflossen sind.

Nach der erfolgten Übersicht der geographischen Vulkanzonen ist es nötig, die Gesetze aufzudecken, welche diese Erscheinung auf dem ganzen Planeten bestimmen. Dadurch kommen zu den bisher genannten acht terrestrischen Gesetzen nunmehr eine Reihe von solchen, die man, da sie wohl kosmisch verursacht sind, als kosmische Gesetze der Verbreitung bezeichnen muß.

Sie aufzudecken ist von großer Bedeutung für die Erkenntnis des Phänomens überhaupt, da gerade sie eine ganz eigene Verbreitung aufweisen und aufdecken, welche bislang keinerlei Beachtung und Würdigung erfahren haben.

Im Anfang (S. 6) ergab sich, daß die juvenilen Massen vulkanischer Provenienz auf der Erdoberfläche ein Areal von 3,96 Mill. km² bedecken. Die Untersuchungen ergaben in der weiteren Folge, daß diese vulkanischen Massen nach ganz bestimmten großen Gesetzen verteilt erscheinen. Infolgedessen kommen zu den oben genannten acht Ge-

setzen noch zwei weitere hinzu, so die geographische Verbreitung der vulkanischen Gebilde in rein geographischer Anordnung zonenartig untersucht wird. Mehr denn je muß bei diesen Untersuchungen von dem lokalen Feuerberg als solchem abgesehen werden und dem Areal der bedeckten Fläche und soweit als tunlich dem Volumen Rechnung getragen werden. Der topographische in historischer Zeit noch „tätige" Feuerberg kann und ist nur der Beleg, daß die zugrundeliegenden unbekannten Gesetze heute noch ihren bestimmten Einfluß unverkennbar zeigen.

v. Tillo hat schon früher eine diesbezügliche Arealberechnung vorgenommen[1]) und gab folgende tabellarische Übersicht:

N. Br.	70—80°	0,01	Mill. km²	s. Br.	—	—	Mill. km²
„	60—70°	0,33	„ „	„	—	—	„ „
„	50—60°	0,18	„ „	„	50—60°	0,01	„ „
„	40—50°	0,55	„ „	„	40—50°	0,07	„ „
„	30—40°	0,38	„ „	„	30—40°	0,20	„ „
„	20—30°	0,49	„ „	„	20—30°	0,29	„ „
„	10—20°	0,65	„ „	„	10—20°	0,34	„ „
„	0—10°	0,18	„ „	„	0—10°	0,29	„ „

Aus der Analyse dieser Tabelle ergeben sich eine Reihe interessanter Resultate. Mit dem Vorherrschen der Landfeste auf der nördlichen Hemisphäre geht auch das Überwiegen der vulkanischen Massen auf der gleichen Erdhälfte Hand in Hand. Dadurch freilich, daß über das Areal und die Mächtigkeit der submarinen Ausbrüche keinerlei Anhaltspunkte vorliegen, hat diese Untersuchung unverkennbar einen nicht in Abrede zu stellenden dunklen Punkt. Doch da der Vulkanismus mit den terrestischen Großformen Hand in Hand geht, so wird diese unbekannte Größenordnung nur die auf der Erdoberfläche bekannten vergrößern. Aus diesen Zahlen ergibt sich nun folgendes: 2,77 Mill. km² bedecken den nördlichen, 1,19 Mill. km² den südlichen Abschnitt des Erdapfels. Mehr als die Hälfte des vulkanischen Areals fällt somit dem Nordteile zu.

Innerhalb dieser einzelnen Hemisphären ist aber gleichfalls keine einheitliche Verbreitung. Es zeigt sich vielmehr ein auffallend starkes abs. Maximum zwischen 10—20° sowohl nördlicher als auch südlicher Breite. Auf beiden Hälften nimmt das Areal gegen die Pole ab.

Werden größere Komplexe zusammengenommen, so ergibt sich für

[1]) v. Tillo, Alex. Répartition des terrains occupés par les groupes géologiques d'après les latitudes et les longitudes terrestres. C. R. 1892. S. 967f.

0—30°	n. Br.	1,32	Mill. km²	0—30°	s. Br.	0,91	Mill. km²
30—50°	„	0,93	„ „	30—50°	„	0,27	„ „
50—80°	„	0,52	„ „	50—60°	„	0,01	„ „

d. h. der Äquatorialgürtel nimmt nahezu die Hälfte der eruptiven Flächen auf der Nordseite, mehr als ³/₄ auf der Südseite für sich in Anspruch.

Dieses absolute Zahlenergebnis hat seine Richtigkeit auch dann, wenn mit Rücksicht auf die verschiedene Fläche der Zonenstreifen die Maße auf 100 bezogen werden. v. Tillos Tabelle gibt folgende Werte:

0—30°	n. Br.	6
30—50°	„	3
50—80°	„	3 .

Für die Südhälfte hat v. Tillo keine Details angegeben sondern 0—60° zusammengefaßt. Es ergibt 4 : 100.

In der oberen Tabelle zeigt sich das Überwiegen der Eruptivmassen innerhalb der Äquatorialzone ganz bedeutend. Sie ist doppelt so groß als in den anderen Zonen. Sie nimmt gegen den Pol ab, da hier drei 10° Gürtel zusammengefaßt wurden.

Es ergibt sich somit das erste kosmische, das 9. terrestrische Gesetz für die geographische Verbreitung der vulkanischen Erscheinung und lautet:

Die vulkanischen Erscheinungen der Erde haben ihre hauptsächlichste Verbreitung in den Äquatorialgebieten und nehmen von diesen gegen die Pole immer mehr ab.

Dieses Gesetz hat seine Gültigkeit für das Areal der bedeckten Fläche. Da aber innerhalb dieser Äquatorialzone gerade die mächtigsten Baue aufgeführt sind (Hawaiizone, Mexiko, Mittelamerika, Zentralafrika, Java usw.), so ergibt sich, daß das Volumen der ausgeworfenen Massen in diesem Gürtel die größte Zahl für sich in Anspruch nimmt.

Die Näherungswerte, welche dabei erlangt werden, wenn wie oben als Durchschnittswert 2 km angenommen wird — ein Beginnen, das nicht richtig ist, da die Mächtigkeit in den Zonen schwankt — sind folgende:

0—30°	n. Br.	2,64	Mill. km³
30—50°	„	1,86	„ „
50—80°	„	1,04	„ „

Die mittlere Mächtigkeit der vulkanischen Massen in der Äquatorialzone muß aber mindestens mit 3,5 km veranschlagt werden, während die der übrigen Zonen im Maximum höchstens mit 3 km angesetzt werden kann.

Darnach sind für das Volumen der vulkanischen Bildungen auf der Nordhälfte der Erde folgende Näherungswerte einzusetzen:

0—30° n. Br.	4,6 Mill. km³
30—50° „	2,8 „ „
50—80° „	1,6 „ „

Auf Böhmen aufgetragen würden diese Massen in gleicher Reihenfolge das Land um 88,5, 53,9 bezw. 30,8 m erhöhen.

Beide Näherungswerte zeigen *das Vorherrschen des Phänomens in dem Tropengürtel augenfällig.*

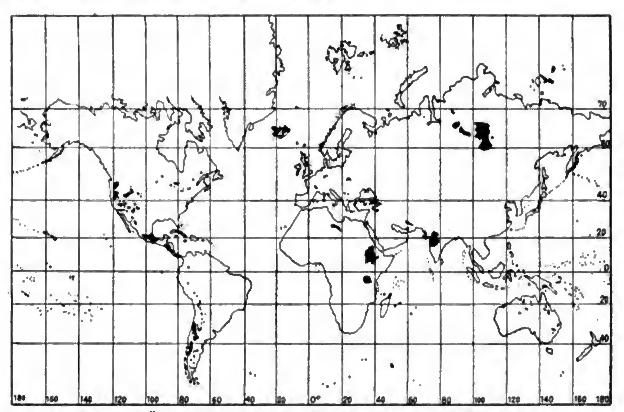


Fig. 49. Übersichtskarte der im Tertiär erloschenen Vulkangebiete.

Seit dem Tertiär hat der Vulkanismus bedeutend abgenommen. Große Gebiete sind völlig verloschen und nur das geförderte juvenile Material zeugt für die ehemalige Erscheinung. Das beiliegende Kärtchen veranschaulicht annähernd (Fig. 49), soweit dies aus der Größe des Maßstabes ersichtlich ist, die Verbreitung der Gebiete, welche *unzweifelhaft seit dem Tertiär erloschen sind.* Der Norden ist stark beteiligt, aber auch das Tropengebiet. Zwischen beiden liegen weite Areale, in denen es nur ein Austönen, aber noch kein Verlöschen gibt, ebenso wie Island noch ganz bedeutende Zentra für dieses Phänomen aufweist.

Es ist auffallend, daß diese heute erstarrten und verglommenen Ausbruchsgebiete eine gleich geneigte Meridianlage besitzen. Diese so entstehenden Meridiane schneiden die gegenwärtigen unter keinem allzu-

großen Winkel. Dazu gelegte Breitelinien zeigen eine völlige Umlagerung der erloschenen Ausbruchsstellen zum Äquator.

Da aber die Entwickelung des Vulkanismus seit dem Tertiär zeigt, daß nicht nur eine allgemeine Abnahme erkennbar ist, sondern daß auch große Gebiete völlig verloschen sind, so müssen, soll das 9. Gesetz der geographischen Verbreitung zu Recht bestehen, auch die rezenten Verhältnisse analoge Gesetzmäßigkeiten aufweisen. Für die können aber als einzige Vertreter nur die Feuerberge in Betracht kommen, welche in historischer Zeit einen Ausbruch hatten. Zu diesem Zwecke ist die Anlage eines genauen Kataloges mit genauer Positionsbestimmung notwendig. Er findet sich im nächsten Kapitel.

Die topographische Verteilung der 367 rezenten Ausbruchsstellen in den geographischen Breitenzonen der Erde ergibt sich aus folgender Tabelle[1]):

0—10°	n. Br.	34	Ausbruchsstellen	67	s. Br.
10—20°	„	64	„	19	„
20—30°	„	15	„	4	„
30—40°	„	60	„	12	„
40—50°	„	10	„	4	„
50—60°	„	50	„	—	„
60—70°	„	27	„	—	„
70—80°	„	—	„	1	„
		Sa. 260		Sa. 107	(Sa. 367)

Sonach treten in der Gegenwart die weitaus meisten vulkanischen Ausbruchsstellen auf der Nordhalbkugel auf. Gleich dem größeren Festlandsareal finden sich auch weit mehr als die doppelte Zahl von Eruptionspunkten auf dieser Hemisphäre.

Nach der oben von v. Tillo angewendeten Gruppierung ergibt sich folgende Zonengruppierung:

0—30°	n. Br.	113	Ausbruchsstellen	90	s. Br.
30—50°	„	70	„	16	„
50—80°	„	77	„	1	„

---

[1]) Diese Betrachtungsweise ist in diesem Zusammenhange vollkommen berechtigt. Hier handelt es sich um die Untersuchung der Verteilung des vulkanischen Phänomens überhaupt ohne Rücksicht auf andere Begleiterscheinungen. Die reine topographische Anordnung nach Länge und Breite muß ohne Frage untersucht werden. Eine solche topographische Analyse deckt, wie bereits zu sehen ist, bedeutsame große Leitlinien auf.

Zum ersten Male wurde eine derartige Berechnung von mir in dem Aufsatze „über neue geotektonische Untersuchungen" Gaea 1909, Heft 10 auf Grund der Mercallischen Vulkanstatistik durchgeführt. Wie ich mich überzeugen konnte, ist M. Vulkan-Katalog nicht ganz einwandfrei. Die nunmehr auf dem eigenen Vulkan-Katalog basierende Rechnung kommt jedoch zu den gleichen Ergebnissen, wenngleich die Zahlen naturgemäß verschieden sind.

Auf Grund dieser statistischen Auszählung sind somit die Feuerberge in den einzelnen Erdzonen verteilt:

30° n. — 30° s. B.	203
30—50° n. + 30—50° „	86
50—80° n. + 50—80° „	78

D. h. Der äquatoriale Gürtel der Erde zeigt in der Gegenwart weit mehr als die Hälfte der Eruptionspunkte als die polwärts gelegenen Zonen.

Auf der Nordhemisphäre halten sich diese letzten Stücke nahezu die Wage, auf der Südhemisphäre ist das Schwinden des Phänomens gegen den Pol augenfällig genug.

Das verschiedene Areal der Zonenstreifen, innerhalb derer die Feuerberge zur Entwicklung kamen, läßt einen direkten Vergleich nicht zu. Daher muß das Zahlenmaß auf die Einheit reduziert werden, um ein richtiges Bild zu erhalten.

Für die ganze Erdoberfläche in den gleichen Zonen berechnet ergibt sich folgendes Verhältnis:

30° n. Br. — 30° s. Br.	2,6
30—50° n. Br. + 30—50° s. Br.	1,0
50—80° n. Br. + 50—80° s. Br.	1,0

Zeigt v. Tillos Arealberechnung der vulkanischen Produkte in den gleichen Zonen seit dem Tertiär das Dominieren der Erscheinung in dem äquatorialen Teile der Erde in einer ganz auffallenden Weise, so führt die Untersuchung der Zahl der rezenten Feueressen zu dem gleichen Verhältnis. Auf der Nordhalbkugel hat auch der tätige Vulkanismus ein nahezu doppeltes Ausmaß, auf der ganzen Erde aber ist mehr als das 2,6 fache in dem Äquatorialgebiete[1]).

v. Tillos Messungen ergeben das zahlenmäßige Areal für die einzelnen Hemisphären. Sie zeigen das Überwiegen der Erscheinung auf der pazifischen Erdhälfte. Eine Analyse der topographischen Anordnung der noch tätigen Feuerberge muß auf ihre Verteilung innerhalb der einzelnen Meridianzonen gleichfalls Bedacht nehmen.

[1]) Diese Tatsache darf keine Theorie außer acht lassen, welche sich über die Ursachen dieser Erscheinung ausläßt. Jede Theorie, welche den Vulkanismus über alles andere stellt, sämtliche Krustenbewegungen der Erde einfach beiseite läßt, ist schon gleich zu Anfang in sich zerfallen. Nur jene Theorien können von Beginn an in Frage gezogen werden, welche den großen Phänomenen Rechnung tragen und den vulkanischen Paroxysmen die untergeordnete Stellung einräumen, die diesen in der Natur tatsächlich zukommt.

Dies illustriert folgende Tabelle:

0— 20°	ö. L.	10	Ausbruchspunkte	43	160—180°	w. L.	Minimal-	Sa. 53
20— 40°	„	6	„	10	140—160°	„	zonen	16
40— 60°	„	5	„	6	120—140°	„		11
60— 80°	„	—	„	4	100—120°	„		4
80—100°	„	5	„	31	80—100°	„	Maximal-	36
100—120°	„	26	„	29	60— 80°	„	zonen	55
120—140°	„	74	„	—	40— 60°	„		74
140—160°	„	67	„	15	20— 40°	„		82
160—180°	„	15	„	21	0— 20°	„		36

Die Gegenüberstellung der ergänzenden Zonengürtel zeigt ein eigenes Gesetz in der Verteilung des Phänomens auf der Erdoberfläche. Gebieten mit einer großen Anzahl von Ausbruchspunkten liegen solche mit auffallend geringer Eruptionstätigkeit gegenüber.

Bezeichnet man die 20° Zonen und ihre Komplemente mit I—IX und reduziert des direkten Vergleiches wegen auf 1, so ergibt sich folgendes Resultat:

I (0—20° ö. L. 160—180° w. L.)	13,25	V	9
II	4	VI	13,75
III	2,75	VII	18,5
IV	1	VIII	20,5
IX (160—180° ö. L. 0—20° w. L.)	9		

Das Diagramm (Fig. 50) veranschaulicht diese Tatsache deutlich genug.

Darnach ergibt sich das zweite große kosmische und 10. terrestrische Gesetz über die Verbreitung des Phänomens:

Die Vulkane der Erde sind in zwei sich unter einem rechten Winkel kreuzenden Zonen angeordnet und zwar derart, daß die beiden Zonen je einem Maximum und Minimum entsprechen.

Die Zahl der bekannten Ausbrüche läßt zunächst keine Alternation in diesen Zonen erkennen.

Faßt man alles zusammen so zeigt sich, daß der irdische Vulkanismus in seiner Entwicklung seit dem Tertiär keineswegs ein wahl- und gesetzloses Phänomen ist, sondern, daß er den gleichen großen Gesetzen unterworfen ist, denen die Erdkruste folgen mußte und folgt, daß er den gleichen Richtungslinien eingeordnet ist, die das Antlitz der Erde bestimmen, daß er aber trotz seiner großen Bedeutung, die ihm im Haushalte der Natur zukommt, eine seltene Erscheinung und ein untergeordnetes Gebilde der Erde ist. Er

ist nicht das Erste, sondern nur eine Begleiterscheinung in ihrer Entwicklung.

Aus der ganzen Analyse des Wesens des Vulkanismus ergibt sich das oberste Grundgesetz: der kosmische Zug der Erscheinung.

Es ist der große Naturprozeß, der sich in ausnahmslos strenger, ewiger und unwandelbarer innerer Gesetzmäßigkeit abspielt. Auf der Sonne und dem Monde ist er nur von ferne erkennbar. Seine Er-

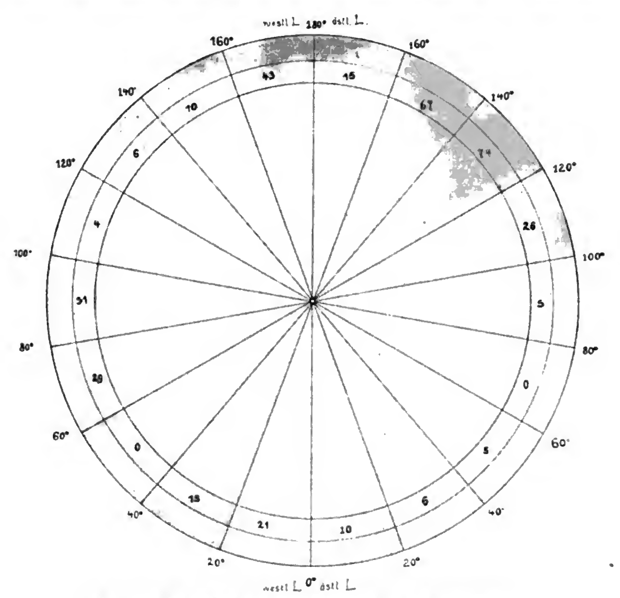


Fig. 50. Die zonenartige Anordnung der tätigen Feuerberge.

scheinungsform und sein Erscheinungsprozeß verrät sich auf den großen Weltkörpern. Auf dem kleineren Monde ist er in dem Gewordenen und Geschaffenen, dem einzig Beharrendem in der langen Flucht der Erscheinungswellen, erkennbar und faßbar. Auf der Erde zeigt sich seine Entwicklung und sein Werdegang.

Überall offenbart sich das Phänomen als die ewige Begleiterscheinung in der Entwicklung der Weltkörper. In der Erde Antlitz

hat es seine Runen geritzt, in deren Gestaltung und Werdegang tritt es bald völlig in den Vordergrund, bald ist es wieder in die zweite und dritte Reihe gedrängt und klingt für kurze Zeit auch aus.

Immer und überall aber ist es gebunden an jene großen Veränderungen, welchen des Erdballes Kruste unterworfen ist und die scheinbaren Ausnahmen werden durch die genauere Analyse der richtigen Deutung zugeführt.

Und ist es auch nicht möglich die letzten Gesetze, der gestaltenden Kräfte Ursache aufzudecken, so muß sich der mühende Geist vorerst begnügen Ordnung zu schaffen in dem scheinbaren Chaos der Baue und Formen, die Gesetze ausfindig zu machen, innerhalb deren Grenzen das Phänomen im Laufe der Erdgeschichte sich zeigte.

Erst auf dieser sicheren Basis mag sich der tastende und deutende Forschergeist tiefer hineinwagen, um die letzten Schleier zu lüften von dem Geheimnis, dás der Schoß der Erde birgt zum Wohl und Verderben der Menschheit und der lebenden Kreatur.

Katalog der in historischer Zeit tätigen Feuerberge

Ein Katalog der in historischer Zeit tätigen Feuerberge hat für eine Reihe von Fragen eine Bedeutung und Notwendigkeit. Aber dieser grundlegende Wert kommt ihm erst dann zu, wenn er über eine einfache Aufzählung der Essen hinausgeht. Die eigene geographische Verbreitung erfordert dringend, daß die geographischen Positionen jeweilig bestimmt sind. Es genügt dabei hinlänglich die Grade und Minuten zu kennen, da die geringen Dimensionen der Sekunden auf Kosten der vielfach eintretenden Verschiebungen der Eruptionsstellen gesetzt werden können.

Ist schon diese Aufstellung infolge der vielfach noch mangelnden geographischen Kenntnis nicht immer leicht durchzuführen, so wird das Material noch wesentlich lückenhafter, sobald man versucht die Höhe der Vulkanberge zu bestimmen. Diese Angaben sind nicht selten mehr als Schätzungen und nur in wenigen Erdteilen liegen genauere Zahlenangaben vor. Aber auch diese sind in vielen Fällen nur Näherungswerte, da eine Eruption große Gipfelpartien wegzusprengen in die Lage kommen kann. Die Geschichte des Vesuvs lehrt das Problematische dieser Höhenangaben deutlich genug.

Gewisse Fragen genügen sich mit der absoluten Zahl nicht, sie verlangen die relative. Daß dafür das vorliegende Ergebnis aus allen Teilen der Welt noch lückenhafter ist als bei dem absoluten, ist nur zu leicht einzusehen. Auch unterliegt diese Bestimmung vielmehr noch dem

Näherungswert als die erstgenannte absolute. Das lückenhafte Material zeigt sich in dem vorliegenden Kataloge durch die Einstellung eines —.

Eine ganz eigene Stellung in dem Kataloge nehmen die historischen Ausbrüche für sich in Anspruch. Im Verlaufe der Darstellung hat sich die Gelegenheit geboten auf die Schwierigkeit der Fixierung eines „Ausbruches" hinzuweisen. Bei einem Feuerberge bildet das Aufsteigen einer größeren oder geringeren Rauchsäule schon Anhalt von einer „Tätigkeit" zu sprechen, die bei einem anderen nicht einmal eine Berücksichtigung erfahren wird.

Hier würde eine internationale Fixierung gute Dienste leisten. Aber nicht die Rauchentwicklung, Auswurfsmaterial, Lavaerguß oder Aschenregen kann die Grundlage dafür bieten, sondern doch wohl nur die Erschütterung, welche dabei vor sich geht. Zur Aufstellung einer derartigen allgemeinen Skala ist es demnach notwendig, an allen wichtigen, einem größeren oder kleineren Kulturzentrum besonders nahen Feuerbergen durch gleichgestimmte Apparate Aufzeichnungen über die bei Ausbrüchen vorkommenden Schwankungen der Erde Auskunft zu geben.

Schon die einfache makroskopisch menschliche Erfahrung zeigt, daß je heftiger ein Ausbruch ist auch die Schwankung um so bedeutender wird.

Ein einzelner Apparat kann dazu aber nicht genügen, da die Bewegungen in den verschiedenen Entfernungen vom Ausbruchspunkte zu kennen sind. Während aber die Instrumente, welche näher dem Eruptionsobjekt aufgestellt werden, hauptsächlich auf vertikale Bewegungen abgestimmt werden müssen, müssen die entfernteren auch für Horizontalbewegungen eingerichtet sein. Daß die Fundierung der Apparate eine annähernd gleiche sein muß, liegt auf der Hand. Verschieden fundierte Instrumente werden an dem gleichen Objekte nichts destoweniger interessante Vergleichsmaterialien abgeben. Umgekehrt werden durch diese Meßapparate auch jene Fragen zur Entscheidung geführt werden können, in welcher Art und Weise Vulkane tektonische Bebenwellen aufnehmen und weiterleiten.

Daß derartige Aufstellungen nur mit internationaler Hilfe ermöglicht sind, liegt klar zutage. Der vorliegende Katalog zeigt eine Reihe von Feuerbergen, welche als besonders „tätig" bezeichnet werden können, obwohl dabei nicht immer an „große" Ausbrüche zu denken ist und nur die nahe Lage eines Kulturzentrums oder andere Umstände für die „reiche" Eruptionstätigkeit verantwortlich gemacht werden können. Aber gerade dieses Moment begünstigt die vorgeschlagenen Untersuchungsmethoden.

Da bislang derartige exakte Bestimmungsmethoden völlig mangeln, sind bei nachstehendem Kataloge nach kritischer Überprüfung alle Äußerungen vulkanischer Kraft als Tätigkeitszeichen aufgenommen worden. Ausbrüche, welche sich auf längere Perioden erstreckten, wurden

unter diesen ausgewiesen. In einzelnen Gebieten (Japan) werden von den heimischen Gelehrten Berge als tätig bezeichnet, für die ein historischer Ausbruch nicht genannt ist. In diesem Falle wurde der Berg als solcher aufgenommen, die Zeit der Tätigkeit naturgemäß nicht weiter eingesetzt.

Zur Veranschaulichung der topographischen Lage ist es angezeigt für die einzelnen Vulkanzonen kartographische Darstellungen beizulegen. In diesen Kartenskizzen sind nach gemeinsamer Skala durch eine verschiedene Ringzeichnung die Höhen der Feuerberge mit Näherungsgrenzwert angegeben[1]). Die in den Karten eingetragenen Nummern beziehen sich auf die jeweiligen gleichlautenden des Kataloges innerhalb der gleichnamigen Zone. Z. B. Karte Fig. 31 Sumatra 4 ist nach Katalog S. 240 N.-C. 39 K.-N. 4 Sumatra der G. Korintji (Indrapoera), das Zeichen läßt erkennen, daß er zwischen 3500—4000 m hoch ist.

Daß das gewonnene Zahlenmaterial für die in historischer Zeit tätigen Feuerberge wiederum von den bisherigen Zählungen abweicht, ist naturgemäß. Daß es Mercallis statistische Angaben nicht erreicht, ergibt sich aus der Natur der Sichtung der vorliegenden Notizen.

Nach der Anlage der vorhergegangenen Ausführungen ist die Einordnung der Feuerberge in dem Kataloge erfolgt. Daher ist der pazifischen Erdhälfte der Vortritt gelassen, ihr folgt die antlantisch-indische. Die submarinen Ausbrüche folgen am Schlusse des jeweiligen geographischen Komplexes.

Die erste Rubrik (N-C.) bedeutet die laufende Zahl. Die zweite (K.-N.) die Kartennummer. Sie bezieht sich auf die im Texte eingeschalteten Kartenskizzen. Die Längenberechnung erfolgte nach Greenwich (ö. = östl. Länge, w. = westl. L., s. = südl., n. = nördl. Breite). Jede Gruppe richtet sich nach dem jeweiligen ersten dieser Zeichen. Als Kartenmaterial lag — so keine Spezialkarten zu Gebote standen — Stielers Handatlas, Gotha 1909, zugrunde. Bei divergierenden Höhenangaben entschied Stieler. Rubrik 6 gibt die abs., 7 die relative Höhe in Meter, 8 zeigt die historisch bekannten Ausbrüche. Wo tunlich wurde auf erste Quellen zurückgegangen, wo dies nicht möglich war, dienten die vorhandenen Zusammenstellungen von Landgrebe, Fuchs, Mercalli u. a.

Da die Bearbeitung dieses Kataloges der erste Versuch dieser Art überhaupt ist, so häuften sich die Schwierigkeiten ganz besonders. Jede spätere Neubearbeitung kann nunmehr leicht Verbesserungen, Korrekturen usw. vornehmen, nachdem eine erste Ordnung und Sichtung geschaffen ist. Jeder mit der Materie Vertraute wird den Wert und die Schwierigkeit des Bearbeitens zu würdigen wissen.

[1]) Technische Umstände haben es mit sich gebracht, daß die in den Originalkarten gleichen Signaturen nunmehr verschieden groß sind. Immerhin zeigt eine geringe Übung bald das Einheitliche der Markierung. Die verschiedene Zählung oft auf einer Karte ist in der Anlage des Kataloges begründet.

Die pazifischen Vulkane

Die melanesische Vulkanzone (Karte Fig. 28, S. 181).

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
		Bismarckarchipel					
1—6	1	Schouten-Inseln	143° 58′	3—4° s.	—	—	—
	2	6 Feuerberge mit nicht sicherem Ausbruchspunkt	—144° 59′ ö.				
7	3	Hansa	145°	4° 10′	1300	1300	1616, 1642, 1830? 1877, 1885, 1887, 1889, 1901, 1902
8	4	Dampier	146°	4° 30′	2500	2500	1642, 1830, 1805
9	5	Lottin	147° 40′	5° 20′	1585	1585	—
10	6	Ritter	148° 25′	5° 30′	780	780	1700, 1793, 1887, 1888
11	7	Belowberg	148° 30′	5° 30′	—	—	—
12	8	Südsohn	151° 25′	5° 20′	914	914	—
13	9	Ghaie	152° 15′	4° 10′	226	226	1878
		Salomonen					
14	10	Balbiberg	154° 50′ ö.	5° 50′ s.	3100	3000?	—
15	11	Bagana	155° 10′	6° 25′	3012	—	1884
16	12	Savo	159° 50′	9° 10′	600	600	1820 (?), um 1850
		Neue Hebriden					
17	13	Tanna	169° ö.	19° 10′ s.	142?	142	1774, 1850, 1851, 1863, 1864, 1905
18	14	Lopevi	168°	17°	—	—	1863, 1864
19	15	Ambrym	167°	17°	—	—	1863, 1864
		Neuseeland					
20	16	Ruapehu	175° 30′ ö.	39° 20′ s.	2803	2434	1886?, 1911
21	17	Ngauruhoe	175° 20′	39° 15′	2280	1911	1857, 1866, 1869, 1870
22	18	Tongariro Ketetahi, Temari	175°	38° 32′	1891	1222	1855, 1859, 1892, 1896
23	19	Tarawera	176° 15′	38° 10′	—	—	1886
24	20	Whakari (White Island)	176° 32′	36° 42′	—	—	1837, 1855, 1886
		Tongainseln (Fig. 29, S. 183)					
25	1	Falcon island	175° 28′ w.	20° 20′ s.	50	—	1877, 1885, 1886
26	2	Metis	174° 50′	19° 15′	50	—	1886
27	3	Lette	174° 38′	18° 50′	630	—	1866
28	4	Amargura	174° 20′	18°	380	—	1847, 1897
29		Niua fou (Good-hope Isl.)	176°	14° 25′	179	—	1853, 1867, 1886

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
		Samoainseln					
30	—	Manga Afi	172° 35′ w.	13° 36′ s.	950	—	1902
31	—	Matavanu	172° 22½′	13° 34½′	750	—	1905, 1906/1909
32	—	Östlich der Insel submar. Ausbr.					1867
		Die indophiline Zone (Fig. 30, S. 187)					
33	—	Pusuk-Bukit	98° 39′ ö.	2° 20′ n.	2005	2005	1881
34	—	Barren island	93° 53′	12° 7′	353	353	1787, 1791, 1803, 1852
35	—	Ramri	93° 53′	19°	—	—	1839, 1843
		Sumatra (Fig. 31, S. 189)					
36	1	Krakatoa	105° 25′ ö.	6° 5′ s.	816	816	1680, 1883
37	2	Dempo	103° 5′	4°	3120	3000	1817, 1853, 1879
38	3	Keba	102° 40′	3° 32′	1650	—	1875/1878
39	4	G. Korintji (Indrapoera)	101° 18′	1° 30′	3800	—	1838, 1842
40	5	G. Talang	100° 39′	0° 59′	2542	—	1833, 1845
41	6	Merapi	100° 39′	0° 20′	2890	—	1770, 1807, 1822, 1833, 1834, 1845, 1854, 1855, 1861
42	7	G. Singalang	100° 18′	0° 21′	2877	—	—
43	8	Burni-telong	96° 45′	5° n.	2720	—	1837, 1839, 1856
		Java (Fig. 32, S. 190)					
44	1	Gunnung Gedé	106° 35′ ö.	6° 48′ s.	2958	—	1747, 1748, 1761, 1832, 1840, 1843, 1845, 1847
45	2	G. Tangkuban prau	107° 24′	6° 46′	2075	—	1829, 1846
46	3	G. Guntur	107° 29′	7° 10′	2248	—	1800, 1803, 1807, 1809, 1815, 1816, 1818, 1825, 1828, 1828/1829, 1832, 1840, 1841, 1843, 1847
47	4	G. Papandajan	107° 19′	7° 20′	2660	—	1772
48	5	G. Gelungung	107° 44′	7° 16′	2240	—	1822, 1893
49	6	G. Slamat	108° 51′	7° 15′	3472	—	1772, 1825, 1835, 1849
50	7	G. Dieng	109° 24′	7° 10′	—	—	1786, 1826, 1847
51	8	G. Sendoro	109° 39′	7° 17′	3145	—	1818, 1882
52	9	G. Merapi	110° 49′	7° 30′	2875	—	1678, 1786, 1822, 1823, 1832, 1837, 1846, 1849, 1865, 1867, 1869, 1872, 1879

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
53	10	G. Kelut	112° 34′ ö.	7° 55′ s.	1731	—	1811, 1826, 1835, 1843, 1867, 1875, 1901
54	11	G. Semeru	112° 35′	8° 5′	3676	—	1829, 1831, 1832, 1842, 1844, 1845, 1848, 1885, 1893, 1905
55	12	G. Tengger	113° 29′	7° 50′	2390	—	1804, 1820, 1822, 1829, 1830, 1835, 1838, 1841, 1842, 1844, 1848, 1893
56	13	G. Rau	113° 49′	8° 5′	3332	—	1796, 1805/1806, 1817, 1821, 1864
57	14	G. Lemongan	112° 59′	8°	1664	—	1806, 1818, 1824, 1826, 1829, 1838, 1841/1842, 1843, 1844, 1847, 1849, 1869, 1877, 1883, 1885

Die kleinen Sundainseln (Fig. 32, S. 190)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
58	—	Nila	129° 23′ ö.	6° 56′ s.	—	—	1904
59	—	Damar	128° 36′	7° 20′	950	950	—
60	—	G. Api	126° 30′	6° 50′	420	420	—
61	18	Roma	127° 25′	7° 50′	—	—	—
62	19	Floen-Bano	126° 30′	8° 50′	2400	—	1638? 1856, 1857
63	20	Lobetoll	123° 40′	8° 40′	1790	1790	1819, 1849
64	21	Komba	123° 41′	7° 50′	550	550	1849, 1850
65	22	Jedia[1])	—	—	—	—	1867, 1868
66	23	Lobetobi	122° 22′	8° 50′	2170	2170	1868
67	24	Tambora	118°	8° 30′	2760	2760	1815
68	25	Rendjani	116° 25′	8° 35′	3780	3780	1847
69	26	Agoeng	115° 35′	8° 33′	3200	3200	1843

Molukken (Fig. 33, S. 191)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
70		Wawani	128° 5′ ö.	3° 40′ s.	—	—	1674, 1694, 1695, 1704, 1797? 1816, 1820, 1824
71	2	G. Api	129° 90′	4° 30′	620	—	1586, 1590, 1598, 1609, 1615, 1629, 1632, 1665, 1675, 1678, 1683, 1687, 1690, 1694, 1695, 1696, 1710/1712,

[1]) G. Mercalli nennt diesen Vulkan im Zentrum von Flores. I vulcani . . . S. 314.

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
71	2	G. Api	129° 90′ ö.	4° 30′ s.	620	—	1754, 1762, 1764-1775, 1778, 1805, 1811, 1820, 1824, 1852, 1877
72	3	Seroea	130°	6° 30′	—	—	1693, 1844/1845
73	4	Gamalama (Ternate)	127° 30′	0° 48′ n.	1380	1380	1608, 1635, 1648, 1653, 1654, 1673, 1677, 1686, 1693, 1770, 1711/1775, 1811, 1812, 1814, 1831, 1833, 1835, 1838/1839, 1840, 1841, 1842/1849, 1850, 1864, 1868, 1871, 1884
74	5	Tidore	127° 30′	0° 40′	—	—	1608
75	6	Motir	127° 30′	0° 30′	—	—	1778
76	7	Makian	127° 30′	0° 20′	—	—	1646, 1760, 1854
77	8	Gamkonorah	127° 40′	1° 23′	2740	2740	1673
78	9	Tolo (Duko Tala)	128° 30′	2° 44′	—	—	1550
79	10	Siau-Insel	125° 17′	2° 50′	—	—	1712, 1825

Celebes

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
80	11	Kalabat	125° ö.	1° 30′ n.	2030	—	1680, 1694, 1844
81	12	Lokon	126° 90′	1° 29′	—	—	1893
82	13	Makawu (Rumengan)	126° 95′	1° 28′	—	—	1789
83	14	Seputan	124° 58′	1°	1830	1830	1785 oder 1786, 1831, 1838
84	15	Tonkoko	in unmittelbarer Nachbarschaft des Seputan.		—	—	1801
85	16	Empung			—	—	—
86	17	Sempu			—	—	1819
87	18	Una-Una	121° 40′ ö.	0° 30′ s.	—	—	1898

Sangikette

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
88	19	Roewang (Doewang)	125° 28′ ö.	2° n.	—	—	1808, 1856, 1871
89	20	Awoe	125° 30′	3° 40′	—	—	1641, 1711, 1812, 1856, 1865, 1871, 1883, 1892

Philippinen (Fig. 34, S. 193)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
90	1	Babuyan Claro	121° 56′ ö.	19° 30′ n.	—	—	1831, 1860
91	2	Camiguin de Babuyanes	121° 52′	18° 55′	—	—	—
92	3	Didica	122° 9′	19° 2′	250	—	1856/1860
93	4	Cagua (Caua)	122° 4′	18° 13′	1300	—	1860?

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
94	5	Taal	120° 57′ ö.	14° 2′ n.	300	—	1698, 1709, 1715, 1716, 1731, 1749, 1754, 1808, 1852, 1854, 1878, 1880, 1903, 1911
95	6	Banájao (Majaijai)	121° 27′	14° 2′	2460	—	1730
96	7	Mayon (Albay)	123° 39′	13° 16′	2990	—	1616, 1766, 1800, 1814, 1827, 1835, 1845, 1846, 1851, 1853, 1855, 1858, 1862, 1868, 1871, 1872, 1873, 1881, 1885, 1886, 1887, 1888, 1890/1893, 1895/1897, 1900
97	8	Bulusán	124° 1′	12° 47′	—	—	1852
98	9	Guinon (Biliran Island)	124° 28′	11° 32′	—	—	—
99	10	Kasiboi	124° 53′	10° 55′	—	—	—
100	11	Danán	124° 53′	10° 54′	—	—	—
101	12	Alivancia	119° 48′	10° 30′	—	—	—
102	13	Talasiquin	119° 48′	10° 31′	—	—	—
103	14	Canlaón	123° 6′	10° 25′	2730	—	1866, 1893
104	15	Magasu	123° 9′	9° 15′	—	—	—
105	16	Camiguin de Mindanao	124° 42′	9° 12′	650	—	1871, 1875
106	17	Macaturin (Pollock, Sujut, Illano)	124° 26′	7° 36′	—	—	1765, 1856, 1865, 1871
107	18	Apo (Dávao)	125° 17′	7° 3′	3430	—	—
108	19	Sanguil (Sangir)	125° 19′	5° 25′	1030	—	1641
109	20	Jolo	120° 58′	6° 5′	—	—	1641

Japanische Vulkanzone (Fig. 36, S. 199)

Kurilen (Chishima)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
110	1	Alaid-jima	155° 30′ ö.	50° 50′ n.	2370	2370	1770, 1793
111	2	Masakariyama	156°	50° 40′	705	705	—
112	3	Fuß Peak	155° 15′	50° 15′	2104	2104	1737, 1742, 1793, 1857
113	4	Shirinkijima	154° 55′	50° 15′	762	762	—
114	5	Kuroishijama	154° 50′	49° 25′	1088	1088	—
115	6	Harimkotanjima	154° 40′	49° 10′	890	890	1883
116	7	Shashikotanjima	154° 10′	48° 45′	923	923	1855
117	8	South-Peak	154° 2′	48° 50′	898	898	—
118	9	Ekarumajima	154°	49°	1109	1109	—
119	10	Chirinkotanjima	153° 30′	49° 1′	—	—	—

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
120	11	Raikokejima	153° 10′ ö.	48° 17′ n.	409	409	1778, 1780
121	12	Matuajima	153° 8′	48° 6′	1597	1597	1805, 1878/79
122	13	Shiushirijima	151° 50′	47° 8′	1117	1117	1239? 1554, 1849
123	14	North Chirusijima	150° 37′	46° 37′	719	719	—
124	15	Suribachiyama	150° 2′	46°	1159	1159	—
125	16	Moyorodake	148° 50′	45° 22′	1198	1198	1883?
126	17	Chiripnupuri	147° 55′	45° 22′	1527	1527	1857, 1879
		Hokkaido					
127	18	Raushidake	145° 10′ ö.	44° 7′ n.	1573	1573	—
128	19	Meakandake	144°	43° 22′	1617	500	—
129	19a	Optateshike	142° 45′	43° 18′	1980	1000	—
130	20	Tarumaidake	141° 20′	42° 45′	903	500	1739, 1797, 1804-18, 1819? 1867, 1874, 1883, 1885, 1887, 1889, 1894, 1896, 1909
131	21	Eniwadake	141° 15′	42° 47′	1407	1200	—
132	22	Usudake	140° 50′	42° 30′	595	500	1629, 1663, 1668, 1769, 1802? 1822, 1853, 1858—59
133	23	Komatake	140° 40′	42° 5′	1099	1000	1640, 1710, 1784, 1796? 1856, 1872, 1888, 1905, 1909
134	24	Esan	141° 10′	41° 45′	620	620	—
135	25	Oshima	139° 22′	41° 30′	714	714	—
		Hondo (Honshu)					
136	26	Kamafuseyama (Kampuzan)	139° 55′ ö.	39° 55′ n.	374	—	—
137	27	Iwakiyama	140° 30′	40° 41′	1588	—	1600, 1709, 1766, 1782, 1794, 1807, 1844, 1848
138	28	Chokaizan	140° 1′	39° 5′	2123	—	1686, 1824
139	29	Shiranesan (Kusatsu)	138° 30′	36° 35′	2253	—	1649, 1871, 1872
140	30	Asamayama	138° 30′	36° 12′	2480	—	687, 1124, 1126, 1527, 1532, 1596, 1645, 1648, 1649, 1652, 1657, 1659, 1661, 1704, 1708, 1711, 1719, 1721, 1723, 1729, 1733, 1783, 1869
141	31	Yakeyama (Ugo)	140° 45′	39° 59′	1320	—	1875
142	32	Iwatesan	141°	39° 57′	2070	—	—
143	33	Zaosan	140° 29′	38° 7′	1964	—	—

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
144	34	Azumayama	140° 16′ ö.	37° 45′ n.	1919	—	1844, 1893
145	35	Adatarasan	140° 16′	37° 40′	1420	—	1240, 807 a. Chr., 1900
146	36	Bandaisan	140° 6′	37° 36′	1964	1431	entstand 807, 1888, 1894
147	37	Nasuyama	139° 58′	37° 8′	1912	—	1880
148	38	Shiranesan (Nikko)	139° 25′	36° 48′	2286	—	1649, 1871/1872, 1882
149	39	Fujisan	138° 45′	35° 40′	3778	—	286, 294 (301), 781, 799, 800, 802, 864, 937, 1021, 1033, 1082, 1086, 1329, 1331, 1560, 1627, 1649, 1700, 1707, 1796, 1828, 1854?

Oshimagruppe

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
150	40	Miharayama (Oshima)	139° 23′ ö.	34° 45′ n.	730	—	684, 838, 886, 1112, 1416, 1421, 1600/1601, 1612-1613, 1636/1637 1684, 1777, 1778, 1803, 1805, 1806, 1822, 1826, 1827, 1828, 1830, 1846, 1854, 1870, 1872, 1876/1877
151	41	Miyakeshima	139° 31′	34° 4′	825	—	1469, 1535, 1595, 1642, 1712, 1811, 1835, 1874, 1876
152	42	Nishiyama	139° 45′	33° 2′	868	—	1789/1801
153	43	Aogashima	139° 46′.	32° 30′	—	—	1185? 1190?
154	44	Kita-Ywojima	141° 15′	25° 28′	768	—	1780
155	45	Mi-Ywojima	141° 30′	24° 15′	921	—	1781
156	46	unterseeisch	—	etwas südl.	—	—	1813
157	47	Tateyama	137° 33′	36° 30′ n.	2936	—	704
158	48	Hakusan	136° 45′	36° 8′	2640	—	1554, 1839
159	49	Asodake	131° 5′	32° 53′	1690	—	796, 825 840, 865, 867, 986, 1239, 1240, 1265, 1269, 1270-74, 1281, 1286, 1305, 1324, 1331, 1335, 1340, 1375, 1376, 1387, 1388,

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe		Ausbrüche
					absolut m	relativ m	
159	49	Asodake	131° 5′ ö.	32° 53′ n.	1690	—	1390, 1434, 1437, 1438, 1473, 1484, 1505, 1522, 1533, 1558, 1559, 1562, 1564, 1576, 1582, 1583, 1584, 1587, 1592, 1598, 1613, 1620, 1631, 1637, 1649, 1651, 1668, 1675, 1683, 1691, 1708, 1709, 1765, 1772–1780, 1804, 1814, 1815, 1826, 1827, 1830, 1854, 1872, 1884, 1894, 1897, 1906, 1908
160	50	Unzendake	130° 20′	32° 45′	1488	—	1773, 1793, 1828
161	51	Kirishimayama	130° 50′	31° 55′	1762	—	742, 788, 806/09, 810, 823, 824, 833, 834, 847/48, 850/51, 853/54, 856/58, 945, 1112, 1167, 1174, 1235, 1522, 1524, 1554/72 (10 Ausbrüche), 1574, 1576, 1585, 1587, 1588, 1656, 1677, 1678, 1706, 1716, 1717, 1772, 1880, 1887, 1889, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1903
162	52	Sakurajima	130° 40′	31° 35′	1143	—	708, 716, 718, 764, 766, 1468, 1471, 1473, 1475, 1476, 1478, 1498, 1642, 1678, 1706, 1742, 1749, 1756, 1766, 1779, 1780, 1781, 1783, 1785, 1790, 1791, 1792, 1794, 1797, 1799, 1800, 1835—36, 1860, 1877, 1878, 1879

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
163	53	Kaimondake	130° 30′ ö.	31° 12′ n.	927	—	510 a. Ch., 80 p. Ch., 860, 866, 874, 884, 1443, 1615
164	54	Iwojima	130° 17′	30° 47′	782	—	1596, 1838, 1847, 1866
165	55	Shindake	130° 13′	30° 25′	704	—	—
166	56	Nakanoshima	129° 53′	29° 50′	1087	—	—
167	57	Suwanosejima	129° 45′	29° 38′	825	—	1813
168	58	Torishima	128° 14′	27° 53′	165	—	—

Marianen-Zone

Bonin-Inseln

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
169	—	Port Levyd (Malabrigos)	142° 10′ ö.	27° 30′ n.	—	—	1543

Marianen-Inseln

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
170	—	Farallon	145° 5′ ö.	20° 50′ n.	—	—	—
171	—	Gani isl. (Uracas)	145° 8′	20° 30′	—	—	1786?
172	—	Pagan	145° 12′	17° 30′	—	—	—
173	—	Alamagan	145° 20′	17° —	704	—	—

Die nordpazifische Zone

Kamtschatka (Fig. 37, S. 202)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
174	1	Schiwelutsch	161° 20′ ö.	56° 40′ n.	3206	—	1854
175	2	Kliutschewskaja	160° 35′	56° 5′	4916	—	1727/1731, 1737-1739, 1740, 1762, 1767, 1788/1789, 1790, 1795, 1807, 1810, 1813, 1819, 1821, 1825, 1829, 1841, 1843, 1854, 1898
176	3	Tolbatschik	160°	55° 50′	2534	—	1739?
177	4	Bol. } Sanjatschik	159° 40′	54° 15′	—	—	1790, 1852
178	5	Mal. } Sanjatschik	159° 20′	54° 5′	—	—	1854
179	6	Schupanowa	159° 20′	53° 42′	2700	—	—
180	7	Awatscha	159° 5′	53° 20′	2600	—	1737, 1772, 1779 1789, 1827(1828), 1855
181	8	Mutnowskaja	158° 20′	52° 25′	2417	—	1848, 1853
182	9	Assatscha	158°	52°	—	—	1828?

Alëuten — Alaska (Fig. 38, S. 205)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
183	1	Mt. Calder	133° 30′ w.	57° n.	—	—	1775
184	2	Mt. Edgecumb	135° 30′	58°	—	—	1796
185	3	Mt. Chechitno	144° 30′	61°	—	—	1760, 1784
186	4	Chugach Golf (Prince William Sund)	146-149°	61°	—	—	1790

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
187	5	Mt. Wrangell	145° w.	62° n.	5390	—	1819, 1884, 1907
188	6	Mt. Redoubt	152° 30′	60° 30′	3600	—	1819
189	7	Mt. Iliamna	153°	60°	4000	—	1741, 1778, 1779, 1876
190	8	St. Augustin	153° 30′	59° 23′	1260	—	1883, 1885, 1895
191	9	Veniaminof (Black Peak)	159°	56°	—	—	1830/1840, 1892
192	10	Mt. Pavloff	162°	55° 30′	—	—	1762/1786, 1790, 1838, 1880, 1892
193	11	Medvienikoff	162°	55°	—	—	1768
194	12	Walroß Peak	163°	55° 30′	—	—	1768
195	13	Amiak island	163°	55°	—	—	1700/1710, 1796
196	14	Unimak Island	164°	54° 40′	—	—	1690, 1775/1778
197	15	Mt. Shishaldin	164°	54° 30′	2729	—	1778, 1790/1825, 1827/1829, 1830-1831, 1838, 1865, 1871/1874, 1880-1881, 1883, 1895
198	16	Isanotski	164° 30′	54° 20′	—	—	1795, 1825, 1830
199	17	Pogrumnoi	164° 30′	54° 10′	2000	—	1795, 1827/1829, 1830
200	18	Akun island	165° 30′	54°	—	—	1828
201	19	Akutan island	166°	54°	1185	—	1790, 1828, 1838, 1883, 1887
202	20	Mt. Makushin (auf Unalaska)	167°	53° 40′	1300	—	1768, 1790/1792, 1802, 1826/1838, 1844, 1865, 1871-1874, 1880, 1883, 1891, 1895
203	21	Ebenda. Unbenannter Berg	—	—	—	—	1768
204	22	Bogosloff island	168°	53° 58′	100	—	1796, 1806, 1814, 1820
205	23	Grewingk (Neu Bogosloff)	168°	53° 10′	—	—	1883, 1886/1887, 1890, 1905/1906
206	24	Vsevidoff	168° 30′	53°	2440	—	1784, 1790, 1817, 1830
207	25	Tanak-Angunakh island	170°	53° 20′	—	—	1774, 1828
208	26	4 Krater-Insel	170°	53°	—	—	1796/1800, 1838, 1871, 1874
209	27	Yunaska island	171°	52° 45′	—	—	1817, 1824, 1830, 1873
210	28	Amukta island	171°	52° 40′	1130	—	1770, 1786/1791

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
211	29	Seguam	172° 30′ w.	52° n.	640	—	1786/1790, 1827, 1873
212	30	Atka	174° 30′	51° 40′	1520	—	1760, 1828, 1830
213	31	Klutschefskoi (Atka island)	174°	51° 20′	—	—	1873
214	32	Korovin (Atka island)	—	51° 30′	—	—	1830, 1844, 1873
215	33	Mt. Sarychef	175°	51° 20′	—	—	1812
216	34	Koniuje island	175°	51°	—	—	1760, 1827, 1828
217	35	Great Sitkin isl.	176°	51° 20′	1534	—	1792, 1829
218	36	Adakh	177°	51° 30′	1731	—	1760
219	37	Kanaga	177°	51°	—	—	1763, 1786, 1790, 1791, 1827
220	38	Tanaga	178°	51° 10′	—	—	1763/1770, 1791
221	39	Gareloi	179°	51° 10′	—	—	1760, 1792, 1828, 1873
222	40	Semisopochnoi	179° 30′ ö.	51° 5′	—	—	1772, 1790, 1792, 1830, 1873
223	41	Sitignak	179° —	51° 5′	—	—	1776
224	42	Litle Sitkin isl.	178° 30′	51° —	—	—	1828

Die Kaskaden-Zone

Nordamerika

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
225	—	Mt. Baker	122° — w.	48° 48′ n.	3290	—	1843, 1853, 1859, 1860
226	—	Mt. Rainier	121° 40′	46° 40′	4376	—	1841, 1843, 1894
227	—	Mt. St. Helens	122° —	46° 10′	2972	—	1837? 1841, 1842, 1854, 1889
228	—	Mt. Hood	121° 45′	45° 20′	3725	—	1854, 1859, 1865, 1866

Die mexantillandine Zone

Mexikanisches Gebiet (Fig. 40, S. 211)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
229	1	Tres Virgines	112° 40′ w.	27° 9′ n.	1995	—	1746, 1857
230	2	Ceboruco	105° 10′	21° 25′	1525	480	1870, 1875
231	3	Colima	103° 32′	19° 30′	3940	3300	1749, 1770, 1795, 1804, 1806, 1808-1818, 1869/1872, 1873, 1885/1886, 1891, 1893, 1902, 1903, 1910
232	4	Jorullo	101° 20′	19° 19′	1220	—	1759
233	5	Popocatepetl	98° 20′	19° —	5452	3500	1827
234	6	Citlaltepetl (Orizaba)	97° 15′	19° —	5550	2800	1545/1556, 1779?
235	7	Tuxtla	95° 10′	18° 30′	1650	1600?	1664, 1793

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
		Antillengebiet (Fig. 41, S. 212)					
236	1	Mt. Misery (St. Christopher)	62° 47′ w.	17° 22′ n.	1315	1315	1692 (1693)
237	2	La grande Soufrière (Guadeloupe)	61° 39′	16° —	1484	1484	1696, 1778, 1796, 1797, 1798, 1802, 1812, 1836, 1837, 1837, 1838, 1846, 1903
238	3	Grande Soufrière (Dominica)	61° 18′	15° 18′	1242	1242	1765? 1880
239	4	Mt. Pelée (Martinique)	61° 10′	14° 48′	1350	1350	1762, 1851, 1902-1903
240	5	Soufrière (Santa Lucia)	61° —	13° 50′	340	340	1766, submarin 1902
241	6	Soufrière (St. Vincent)	61° 11′	13° 19′	1130	1130	1718, 1812, 1814, 1880, 1902/1903
		Columbia (Fig. 42, S. 213)					
242	1	Paramo de Ruiz	75° 20′ w.	4° 57′ n.	5600	3300?	1845
243	2	Tolima	75° 30′	4° 57′	5610	3000?	1595? 1826/1829
244	3	Puracé	76° 32′	2° 20′	4700	2900	1849, 1869, 1899
245	4	Pasto	77° 20′	1° 11′	4264	1720	1868/69
		Mittelamerikanische Vulkanzone (Fig. 43, S. 216)					
246	1	Tacaná	92° 6′ w.	15° 7′ n.	4064	2200	1855
247	2	Cerro quemado	91° 31′	14° 47′	3179	1250	1785, 1823
248	3	Yunil	91° 28′	14° 42′	3553	1600?	—
249	4	Atitlan	91° 11′	14° 34′	3525	2400	1524, 1706, 1710, 1827, 1828, 1843, 1852, 1856
250	5	Toliman	91° 11′	14° 36′	3153	1900	—
251	6	Acantenango	90° 52′	14° 30′	3960	2400	—
252	7	Fuego	90° 53′	14° 28′	3835	2700	1526/1541, 1575, 1581, 1582, 1585, 1614, 1623, 1631, 1664, 1679, 1686, 1689, 1699, 1705, 1706/1707, 1710, 1717, 1732, 1737, 1765, 1799, 1829, 1850, 1852, 1856-1857, 1860, 1867, 1880

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
253	8	Pacaya	90° 36′ w.	14° 22′ n.	2544	1600	1565, 1651, 1664, 1668, 1671, 1677, 1775, 1846, 1854, 1880
254	9	Tecuamburro	90° 26′	14° 9′	1946	1100?	—
255	10	S. Ana	89° 38′	13° 51′	2385	1800	1520? 1524, 1576, 1580, 1854? 1879, 1880, 1882, 1884, 1903/1904
256	11	Izalco	89° 38′	13° 48′	1885	800	1770, 1783, 1793, 1805/1807, 1817, 1825, 1844, 1856, 1859, 1860, 1863-1864, 1868/1869, 1902
257	12	Boqueron	89° 17′	13° 44′	1887	1200	—
258	13	Tecapa	88° 30′	13° 29′	1603	1100	—
259	14	S. Miguel	88° 16′	13° 25′	2132	1900	1699, 1787, 1811, 1819, 1822, 1844, 1845, 1847, 1848, 1855, 1857, 1867-1868
260	15	Conchagua	87° 50′	13° 16′	1250	1250	1522, 1868
261	16	Conchaguita	87° 46′	13° 13′	512	512	1892
262	17	Cosequina	87° 35′	12° 58′	863	860	1709, 1809, 1835, 1852, 1863
263	18	Telica	86° 51′	12° 36′	1038	900	1527, 1528, 1530, 1865
264	19	Las Pilas	86° 41′	12° 29′	1071	900	1850, 1867
265	20	Momotombo	86° 33′	12° 25′	1258	1200	1522, 1609, 1764, 1848, 1852, 1858-1866, 1868, 1902, 1905
266	21	Masaya	86° 6′	11° 59′	660	400	1522/1670, 1772, 1853, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1888, 1902, 1903, 1904
267	22	Omotepe	85° 34′	11° 32′	1578	1530	1883
268	23	Poas	84° 15′	10° 11′	2742	1600	1860, 1903
269	24	Irazu	83° 54′	9° 59′	3328	2500	1723, 1726, 1821, 1847, 1882, 1885
270	25	Turrialba	83° 49′	10° 2′	3064	2500	1853, 1864, 1865, 1866

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
		Ecuador (Fig. 42, S. 213)					
271	5	Pichincha	78° 35′ w.	0° 20′ s.	4748	2300	1566, 1575, 1660
272	8	Cotopaxi	77° 56′	0° 40½′	5943	2800	1534, 1742/1746, (1750), 1786, 1854, 1856, 1863, 1877, 1883, 1885
273	6	Tunguragua	78° 20′	1° 28′	5087	3300	1776/1781, 1886
274	7	Sangay	78° 22′	1° 45′	5323	1700	ständig tätig
		Die peru-boliviane Zone					
		Peru-Bolivien (Fig. 44, S. 218)					
275	9	Misti	71° 30′ w.	16° 12′ s.	6100	3700	1784, 1830, 1869
276	10	Ubinas	70° 45′	16° 18′	6000	3000	1867
277	11	Omate	71°	16° 45′	—	—	1667
278	12	Isluga	68° 45′	19° 20′	5500	1700	1863
279	13	Lascar	67° 35′	23° 28′	5870	1800	1848
		Die chilenisch-patagonische Zone					
		Chile-Patagonien (Fig. 45, S. 219)					
280	14	Maipo	69° 55′ w.	34° 10′ s.	5336	—	1822, 1826
281	15	Tinquiririca	70° 30′	35° —	5000	—	—
282	16	Peteroa	70° 40′	35° 15′	4000	—	1762, 1835
283	17	Chillan	71° 20′	36° 5′	2879	—	1861, 1862, 1864
284	18	Antuco	71° 15′	37° 38′	5800	—	1820, 1828, 1848, 1863
285	19	Villarica	72° —	39° 30′	2865	—	1640, 1869
286	20	Osorno	72° 35′	41° 8′	2250	—	1835, 1855, 1869
287	21	Calbuco	72° 45′	41° 18′	2200?	—	1893
288	22	Minchinmávida	72° 50′	42° 45′	2000?	—	1835
289	23	Corcovado	72° 50′	43° 12′	2000?	—	1835
		Galápagos					
290	—	Albemarle	91° 10′ w.	1° 40′ s.	—	—	1844
291	—	Narborough	91° 40′	0° 15′	1130	1130	1814
		Hawaii-Zone (Fig. 18, S. 105)					
292	—	Hualalai	155° 90′ w.	19° 40′ n.	2522	—	1805, 1811
293	—	Mauna-Loa	155° 32′	19° 30′	4168	—	? —, 1832, 1843, 1849, 1851, 1852, 1855, 1859, 1865-1866, 1868, 1872, 1873, 1875, 1877, 1880, 1887

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
294	—	Kilauea	155° 15′ w.	19° 28′ n.	1231	—	besonders große Ausbrüche 1789, 1823, 1832, 1840, 1849, 1855, 1863, 1868, 1878, 1879, 1886, 1891, 1905

Antarktis

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
295	—	Erebus	167° — ö.	77° 50′ s.	3770	3770	1841, 1909

Großer Ozean[1]

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
296	—		140° — ö.	30° 6′ n.			
297	—		140° —	30° 12′			
298	—		140° 10′	20° 36′			
299	—		120° 12′	20° —			
300	—		120° 25′	10° 50′			
301	—		130° 25′	20°			
302	—		150°	10° 36′			
303	—		170° 30′ w.	10° 54′ s.			
304	—		170° 30′	20°			
305	—		170° 36′	20° 6′			
306	—		170° 42′	10° 54′			
307	—		170° 48′	30° 6′			
308	—		160° 55′	10° 24′			
309	—		80° 25′	0° 48′			

Die atlanto-indischen Vulkane

Island (Fig. 48, S. 227)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
310	1	Eldeyar (Inseln)	23° w.	63° 40′ n.	—	—	1211, 1226, 1231, 1238, 1240, 1422, 1583, 1783, 1830, 1879, 1884?
311	2	Trölladyngja	22° 5′	63° 55′	398	—	1151, 1188, 1360, 1510
312	3	Brennisteinfjöll	21° 48′	63° 53′	593	—	1340, 1389
313	4	Ögmundarhraun	22° 8′	63° 50′	—	—	1340
314	5	Meitill	21° 22′	63° 58′	321	—	1000
315	6	Hekla	19° 40′	63° 55′	1557	1417	1104, 1157, 1206, 1222, 1294, 1300, 1341, 1389, 1436, 1510, 1554, 1578, 1597, 1619, 1636, 1693, 1728, 1754, 1766, 1845

[1] Nach Rudolphs Karte der submarinen Erdbeben und Eruptionen. Beitr. z. Geophysik. I. Bd. Stuttgart 1887.

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
316	7	Krakatindur	19° 30′ w.	64° n.	600	—	1878
317	8	Eyjafjallajökull	19° 32′	63° 37½′	1705	1700	1612, 1821
318	9	Katla	18° 53′	63° 36′	1200	—	um 900, 1245, 1262, 1311, 1332? 1416, 1580, 1625, 1660, 1721, 1755, 1823, 1860
319	10	Eldgjá	18° 35′	63° 55′	800	—	um 930
320	11	Laki	18° 10′	64° 5′	853	—	um 900? 1783
321	12	Öraefajökull	16° 39′	64° 4′	2119	—	1341, 1350, 1598, 1727
322	13	Grimsvötn	17° 17′	64° 16′	1200	—	1389, 1598, 1638, 1681, 1685, 1716, 1725, 1727, 1753, 1774, 1784, 1867, 1873, 1883, 1903
323	14	Kverkfjöll	16° 30′	64° 16′	800	—	1717
324	15	Askja	16° 40′	65° 2′	987	200	1875
325	16	Sveinagjá	16° 20′	65° 35′	476	423	1875
326	17	Krafla	16° 40′	65° 43′	828	450	1724
327	18	Leibrnúkur	16° 50′	65° 43′	606	300	1725, 1727, 1728, 1729, 1746
328	19	Hrossadalur	16° 50′	65° 40′	um 300	—	1728
329	20	Bjarnarflag	16° 50′	65° 38′	376	70	1725, 1728
330	21	Dalfjall	16° 48′	65° 37′	550	200	1728
331	22	Manáreyjar	17° 5′	66° 36′	unter-seeisch	—	1332, 1372, 1456, 1783, 1838, 1868

Azoren (Fig. 47, S. 226)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
332	1	S. Miguel (unterseeisch nachbarlich)	25° — w.	37° 50′ n.	1088	1088	1432/1434, 1444, 1522, 1563, 1630, 1638, 1652, 1720, 1811
333	2	Terceira	27° 20′	38° 5′	—	—	1761
334	3	Pico	28° 40′	38° 26′	2320	2320	1572, 1718, 1720, 1800
335	4	Fayal	28° 40′	38° 34′	1000?	1000?	1672
336	5	S. Jorge	28° —	38° 5′	—	—	1580, 1808

Kanarische Inseln (Fig. 46, S. 223)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
337	1	Lanzarote	13° 31′ w.	29° 9′ n.	683	683	1730/1736, 1824
338	2	Palma	15° 30′	28° —	1951	1951	1585, 1647, 1677
339	3	Tenerife	16° 40′	28° 20′	3716	3716	1430, 1505, 1704, 1705, 1706, 1786, 1798, 1909

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
		Kapverden					
340	—	Fogo	27° 30′ w.	15° — n.	2975	2975	1564, 1596, 1604, 1680, 1689, 1693, 1695, 1699, 1713, 1721/1725, 1769, 1785, 1799, 1847, 1860
		Afrikanische Vulkane					
341	—	Kirunga-tscha-Namlagira	29° 10′ ö.	1° 10′ s.	2960	—	1894, 1896? 1899, 1902
342	—	Kirunga-tscha-Niragongo	29° —	1° 10′	3412	—	—
343	—	Dönje Ngai	36° —	3° —	2150	1500	1880, 1894
344	—	Meru	36° 50′	3° 15′	4730	3900	1877?
345	—	Teleki vulkan	36° 30′	2° 20′ n.	580	200	1868/1873, 1887? 1895, 1896?
346	—	Kamerunberg	9° 10′	4° 12′	4070	3000	1839? 1909
347	—	Orteale (Erteali)	40° 15′	14° —	—	—	1904
348	—	Dubbi (Edd)	41° 30′	13° 57′	1280	—	1861
		Afrikanische Inselvulkangruppe					
349	—	Réunion (Crater Bory) (Cratere brûlant) (Cratere Dolomieu [Bory]) (Cratere Marmite [Lokalname])	55° 30′ ö.	20° 51 $^{2}/_{3}$′ s.	2515	2515	1766, 1791, 1800, 1802, 1812, 1821, 1824, 1831/1832, 1844, 1848, 1852? 1858, 1860, 1862, 1863, 1868, 1870, 1871, 1872, 1874, 1875, 1882, 1897, 1904
350	—	St. Kartala (Gr. Komoren)	43° 20′	11° 50′	2598	2598	1830, 1848, 1855, 1858, 1860, 1865, 1867, 1882, 1885, 1904
		Submarine Ausbrüche					
		Indischer Ozean					
351	—		87° 30′ ö.	8° s.			1879
352	—		40° 30′	10° 18′ n.			
		Atlantischer Ozean					
353	—		21° 30′ w.	4° 20′ s.			1806
354	—		17° 50′	0° 30′			1836
355	—		21° 30′	5° n.			1878
356	—		24° 50′	7° 30′			1824
357	—		30° 48′	30° 50′			(Rudolph)

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
		Campagnisches Vulkangebiet					
358	—	Vesuv	14° 20′ ö.	40° 44²/₃′ n.	um 1200 schwankend	1200	79, 203, 243, 305, 326, 471, 512, 685, 993, 1036, 1049, 1138, 1306? 1500? 1631, 1660, 1694, 1712/1735 (1734), 1737, 1751/1793 (1760), 1794, 1799/1822, 1827/1838, 1839, 1841/1850, 1854-1861 (1855, 1858), 1864/1868, 1870-1872, 1875/1906
359	—	Rocca monfina	14°	41° 17′	1605	—	269 a. Chr.?
360	—	Solfatara	14° 18′	40° 44²/₃′	—	—	1167? 1198?
361	—	Mt. Nuovo	14° 17′	40° 44²/₃′	140	140	1538 (entstanden)
362	—	Mt. Epomeo	13° 55′	40° 44¹/₂′	792	792	470, 350, 91 a. Chr., 1302 p. Chr.
		Liparische Vulkane					
363	—	Stromboli	15° 12′ ö.	38° 46′ n.	926	926	ständig
364	—	Vulcano	14° 96′	38° 23′	499	499	144, 1444, 1550, 1626, 1688, 1727, 1731, 1739, 1771, 1786, 1812, 1831, 1873, 1876, 1877, 1878, 1879, 1886, 1888, 1889/1890, 1906
		Aetna					
365	—	Aetna	15° — ö.	37° 44′ n.	3274	3274	um 480, 427, 396, 140, 135, 126, 122, um 56, 45 (44), 36 a. Ch., um 40 p. Chr. 251, 312, 812, 1169, 1284, 1329, 1381, 1408, 1444, 1447, 1535, 1537, 1566, 1595, 1603, 1607,

N.-C.	K.-N.		L. v. Gr.	Geogr. Br.	Höhe absolut m	Höhe relativ m	Ausbrüche
365	—	Aetna	15° — ö.	37° 44′ n.	3274	3274	1610, 1614/1624, 1634/1638, 1646, 1651, 1669, 1682, 1688, 1689, 1694, 1702, 1723, 1735, 1747, 1755, 1759, 1763, 1766, 1780, 1781, 1787, 1792, 1798, 1799, 1800, 1802, 1805, 1809, 1811, 1819, 1831, 1832, 1838, 1842, 1843, 1852, 1863, 1865, 1869, 1874, 1879, 1883, 1886, 1892, 1899, 1910
		Santorin					
366	—	Palaea-Nea-Mikrakaimeni	25° 23′ ö.	36° 25′ n.	—	—	197 a. Chr., 46, 726, 1570 (1573?), 1707/1713, 1866
		Submarine Ausbrüche					
367	—	Secca del vulcano (Ferdinandea, Corrao, Nerita, Graham-island, Hotham-island, Isola Julia, Is. di Ferdinando II)	12° 44′ ö.	37° 10′ n.	—	—	1831

Namen-, Personen- und Sachregister

Die gesperrt gedruckten Namen bezeichnen Autoren

